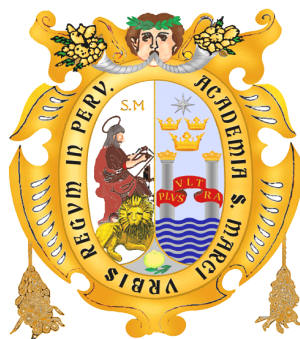


# UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

## FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

### Escuela Académico Profesional de Ciencias Biológicas



Efecto de la densidad de siembra y adición de sustrato en el Crecimiento y la Supervivencia del "Camarón Gigante de Malasia" *Macrobrachium rosenbergii* en policultivo con "tilapia roja" *Oreochromis niloticus*.

## TESIS

Para optar el Título Profesional de:

**BIÓLOGO con mención en HIDROBIOLOGÍA Y PESQUERÍA**

**BACHILLER:**

**Aryul Arturo Maguiña Mendoza**

Lima – Perú  
2007

## **DEDICATORIA**

Este trabajo esta dedicado a DIOS y a todas aquellas personas que contribuyeron, de manera práctica o intelectual, a su realización.

A mis padres, a mis hermanos, a mis sobrinos y a mi esposa por su paciencia y apoyo incondicional.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a **DIOS** ya que en su infinita sabiduría guía mis pasos para ser un hombre de bien.

A mi padre **Arturo Maguiña Castro** por enseñarme que cuando uno quiere algo tiene que **LUCHAR** hasta conseguirlo, no importando que tan grande sea el obstáculo que hay que sobrepasar.

A mi madre **Julia Mendoza de Maguiña** por su **AMOR**, su apoyo, su paciencia, su preocupación y su dedicación diaria para lograr que nosotros, la familia Maguiña Mendoza, seamos felices.

A mis hermanos, **Natalia, José y Nathaly Maguiña Mendoza** por todo su **APOYO**, les prometo que siempre seguiremos adelante.

A mi asesor, **Guillermo Álvarez** por su paciencia y **CONFIANZA** hacia mi persona. Eres una gran persona y un mejor profesional.

A mi esposa **Liz Romero** por todo su apoyo incondicional, sabes que eres lo **MÁS IMPORTANTE** en mi vida.

Y a mis sobrinos **Ibrahim, Yousep y Leonardo** por que con su alegría me llenan de energía para seguir avanzando.

## INDICE

	Pag.
➤ DEDICATORIA	i
➤ AGRADECIMIENTOS	ii
➤ LISTA DE TABLAS	iii
➤ LISTA DE FIGURAS	iv
➤ LISTA DE CUADROS	vi
➤ LISTA DE ABREVIATURAS	viii
➤ RESUMEN	ix
➤ ABSTRACT	xi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	3
III. OBJETIVOS	20
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	21
• ÁREA DE ESTUDIO	21
• METODOLOGIA	21
V. RESULTADOS	30
• PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DE LAS AGUAS	30
• PARÁMETROS DE CRECIMIENTO EN PESO DEL CAMARÓN GIGANTE DE MALASIA	32
• PARÁMETRO DESUPERVIVENCIA DEL CAMARÓN GIGANTE DE MALASIA	39
• PARÁMETRO DE CRECIMIENTO EN TALLA Y PESO DE LA TILAPIA	42
• PARÁMETRO DE SUPERVIVENCIA DE LA TILAPIA	55
• BIOMASA DE LAS ESPECIES DE CULTIVO	57
- CAMARÓN	57
- TILAPIA	60
• COSTOS DE PRODUCCIÓN Y PROYECCIÓN	62
VI. DISCUSIÓN	65
VII. CONCLUSIONES	94
VIII. RECOMENDACIONES	95
IX. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	96
X. ANEXOS	105

## LISTA DE TABLAS

- Tabla 1. Niveles de los factores Densidad y Substrato.
- Tabla 2. Denominación de los Tratamientos.
- Tabla 3. Distribución al azar de los Tratamientos.
- Tabla 4. Valores mínimos y máximos de los Parámetros Fisicoquímicos.
- Tabla 5. Análisis de media en peso por factor para el camarón.
- Tabla 6. Análisis de media en peso por tratamiento para el camarón.
- Tabla 7. Análisis de regresión del peso por tratamiento para el camarón.
- Tabla 8. Análisis de media de la supervivencia por factor para el camarón.
- Tabla 9. Análisis de media de la supervivencia por tratamiento para el camarón.
- Tabla 10. Análisis de media en talla por factor para la tilapia.
- Tabla 11. Análisis de media en talla por tratamiento para la tilapia.
- Tabla 12. Análisis de regresión de la talla por tratamiento para la tilapia.
- Tabla 13. Análisis de media en peso por factor para la tilapia.
- Tabla 14. Análisis de media en peso por tratamiento para la tilapia.
- Tabla 15. Análisis de regresión del peso por tratamiento para la tilapia.
- Tabla 16. Análisis de media de la supervivencia por factor para la tilapia.
- Tabla 17. Análisis de media de la supervivencia por tratamiento para la tilapia.
- Tabla 18. Análisis de media de la biomasa por factor para el camarón.
- Tabla 19. Análisis de media de la biomasa por tratamiento para el camarón.
- Tabla 20. Análisis de media de la biomasa por factor para la tilapia.
- Tabla 21. Análisis de media de la biomasa por tratamiento para la tilapia.
- Tabla 22. Balance general del policultivo.
- Tabla 23. Balance general por tratamiento.
- Tabla 24. Proyección de los pesos promedios por tratamiento.
- Tabla 25. Balance comparativo de costos de producción.
- Tabla 26. Balance del policultivo camarón-tilapia.

## LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1.- Centro de Acuicultura de Tambo de Mora-FONDEPES.
- Fig. 2.- Larvas de tilapia.
- Fig. 3.- Unidades experimentales.
- Fig. 4.- Substrato en los estanques experimentales.
- Fig. 5.- Instrumentos para la toma de datos fisicoquímicos.
- Fig. 6.- Biometría de camarones y tilapias.
- Fig. 7.- Fluctuación de la temperatura diaria a lo largo del cultivo.
- Fig. 8.- Fluctuación del Oxígeno disuelto a lo largo del cultivo.
- Fig. 9.- Fluctuación de los valores de pH y CO<sub>2</sub>.
- Fig. 10.- Fluctuación de la Temperatura cada 10 Días a lo largo del cultivo.
- Fig. 11.- Peso promedio del camarón gigante de malasia a lo largo del cultivo.
- Fig. 12.- Peso promedio del camarón por factor densidad al final del cultivo.
- Fig. 13.- Peso promedio del camarón por factor substrato al final del cultivo.
- Fig. 14.- Interacción de los factores densidad-substrato para el peso del camarón.
- Fig. 15.- Peso promedio del camarón por tratamiento al final del cultivo.
- Fig. 16.- Curva de regresión para el peso del camarón – tratamiento T1
- Fig. 17.- Curva de regresión para el peso del camarón – tratamiento T2
- Fig. 18.- Curva de regresión para el peso del camarón – tratamiento T3
- Fig. 19.- Curva de regresión para el peso del camarón – tratamiento T4
- Fig. 20.- Porcentajes de supervivencia promedio para el camarón.
- Fig. 21.- Porcentaje de supervivencia por factor para el camarón.
- Fig. 22.- Porcentaje de supervivencia por tratamiento para el camarón.
- Fig. 23.- Talla promedio de la tilapia a lo largo del cultivo.
- Fig. 24.- Talla promedio de la tilapia por factor densidad al final del cultivo.
- Fig. 25.- Talla promedio de la tilapia por factor substrato al final del cultivo.
- Fig. 26.- Interacción de los factores densidad-substrato para la talla de la tilapia.
- Fig. 27.- Talla promedio de la tilapia por tratamiento.
- Fig. 28.- Curva de regresión para la talla de la tilapia – tratamiento T1

- Fig. 29.- Curva de regresión para la talla de la tilapia – tratamiento T2
- Fig. 30.- Curva de regresión para la talla de la tilapia – tratamiento T3
- Fig. 31.- Curva de regresión para la talla de la tilapia – tratamiento T4
- Fig. 32.- Peso promedio de la Tilapia a lo largo del cultivo.
- Fig. 33.- Peso promedio de la tilapia por factor densidad al final del cultivo.
- Fig. 34.- Peso promedio de la tilapia por factor sustrato al final del cultivo.
- Fig. 35.- Interacción de los factores densidad-sustrato para el peso de la tilapia.
- Fig. 36.- Peso promedio de la tilapia por tratamiento.
- Fig. 37.- Curva de regresión para el peso de la tilapia – tratamiento T1.
- Fig. 38.- Curva de regresión para el peso de la tilapia – tratamiento T2.
- Fig. 39.- Curva de regresión para el peso de la tilapia – tratamiento T3.
- Fig. 40.- Curva de regresión para el peso de la tilapia – tratamiento T4.
- Fig. 41.- Porcentaje de supervivencia promedio para la tilapia.
- Fig. 42.- Porcentajes de supervivencia por factor para la tilapia.
- Fig. 43.- Porcentajes de supervivencia por tratamiento para la tilapia.
- Fig. 44.- Biomasa del camarón por factor.
- Fig. 45.- Biomasa del camarón por tratamiento.
- Fig. 46.- Biomasa de la tilapia por factor.
- Fig. 47.- Biomasa de la tilapia por tratamiento.

## LISTA DE CUADROS

- Cuadro 1. Análisis de varianza para el Peso de camarón - Biometría 9.  
Suma de Cuadrados Tipo III.
- Cuadro 2. Análisis de Rango Múltiple para el Peso de camarón – Biometría 9,  
Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.
- Cuadro 3. Análisis de Rango Múltiple para el Peso de camarón – Biometría 9,  
Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.
- Cuadro 4. Análisis de varianza para la Talla de la Tilapia - Biometría 9.  
Suma de Cuadrados Tipo III.
- Cuadro 5. Análisis de Rango Múltiple para la Talla de la Tilapia – Biometría 9,  
Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.
- Cuadro 6. Análisis de Rango Múltiple para la Talla de la Tilapia – Biometría 9,  
Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.
- Cuadro 7. Análisis de varianza para la Peso de la Tilapia - Biometría 9.  
Suma de Cuadrados Tipo III.
- Cuadro 8. Análisis de Rango Múltiple para la Peso de la Tilapia – Biometría 9,  
Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.
- Cuadro 9. Análisis de Rango Múltiple para la Peso de la Tilapia – Biometría 9,  
Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.
- Cuadro 10. Análisis de varianza para la Supervivencia del camarón.  
Suma de Cuadrados Tipo III.
- Cuadro 11. Análisis de Rango Múltiple para la Supervivencia del camarón.  
Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.
- Cuadro 12. Análisis de Rango Múltiple para la Supervivencia del camarón.  
Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.
- Cuadro 13. Análisis de varianza para la Supervivencia de la Tilapia.  
Suma de Cuadrados Tipo III.
- Cuadro 14. Análisis de Rango Múltiple para la Supervivencia de la Tilapia .



Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.

Cuadro 15. Análisis de Rango Múltiple para la Supervivencia de la Tilapia.

Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.

Cuadro 16. Análisis de varianza para la Biomasa del Camarón.

Suma de Cuadrados Tipo III.

Cuadro 17. Análisis de Rango Múltiple para la Biomasa del Camarón.

Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.

Cuadro 18. Análisis de Rango Múltiple para la Biomasa del Camarón.

Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.

Cuadro 19. Análisis de varianza para la Biomasa de la Tilapia.

Suma de Cuadrados Tipo III.

Cuadro 20. Análisis de Rango Múltiple para la Biomasa de la Tilapia.

Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.

Cuadro 21. Análisis de Rango Múltiple para la Biomasa de la Tilapia.

Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.

## LISTA DE ABREVIATURAS

D1	=	Densidad 1
D2	=	Densidad 2
S1	=	Substrato 1
S2	=	Substrato 2
B	=	Biometría
T	=	Tratamiento
PL	=	Postlarva
r	=	Coeficiente de correlación
r <sup>2</sup>	=	Coeficiente de determinación
kg ha <sup>-1</sup>	=	kilogramo por hectárea
g	=	gramos
cm	=	Centímetros
m	=	Metro
Lb	=	Libras
t	=	Toneladas
%S	=	Porcentaje de supervivencia
mg L <sup>-1</sup>	=	Miligramos por litro
°C	=	Grados centígrados
p	=	Probabilidad
X	=	Media
DE	=	Desviación Estándar
CV	=	Coeficiente de variación
LN	=	Logaritmo natural
S/.	=	Nuevos soles
WSSV	=	Virus de la mancha Blanca

## RESUMEN

En los últimos años se han desarrollado numerosas investigaciones con el fin de mejorar el cultivo del camarón gigante de Malasia, investigaciones en policultivo, siembra de juveniles graduados y la adición de sustrato han dado muy buenos resultados. La mayoría de estas investigaciones han tenido como objetivos la maximización de los niveles de producción, obtener mejoras en los pesos finales e incrementar la resistencia a enfermedades.

El objetivo del presente estudio fue evaluar el crecimiento y la supervivencia del camarón gigante de Malasia *Macrobrachium rosenbergii* con 2 densidades de siembra (D1 y D2) y 2 porcentajes de incremento de sustratos (S1 y S2) en policultivo con *Oreochromis niloticus* tilapia roja. Para alcanzar este objetivo se utilizó un diseño factorial 2 x 2, es decir, se evaluaron 4 tratamientos, 2 niveles por cada uno de los 2 factores (D1S1, D1S2, D2S1 y D2S2), cada tratamiento con tres repeticiones. Los datos de talla, peso, supervivencia y biomasa, obtenidos de las biometrías fueron analizados utilizando el software estadístico Statgraphic v.7,0 analizado al 95% de confianza ( $\alpha < 0,05$ ).

Después de 80 días de cultivo se observó que el tratamiento T3 (D2S1) obtuvo los mejores crecimientos ( $7,05 \pm 2,13$  g) y los mejores porcentajes de supervivencia (97,5%) para el camarón gigante de malasia. Los dos niveles de adición de sustrato fueron igualmente efectivos para el crecimiento del camarón, se encontró una relación inversa entre el incremento de los sustratos y los porcentajes de supervivencia. El crecimiento en talla de la tilapia solo fue afectado por la interacción de los factores densidad y sustrato donde los tratamientos T2 (D1S2) y T3 (D2S1) presentaron crecimientos significativamente mayores; el crecimiento en peso de la tilapia solo fue afectado por el factor sustrato, encontrándose una relación directa; no se encontró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) para los porcentajes de supervivencia.

Se encontró una relación directa entre el incremento de la densidad y la biomasa final del camarón gigante de Malasia, siendo el nivel D2 significativamente mayor que D1. El tratamiento T3 ( $690,1 \text{ Kg ha}^{-1}$ ) presentó una biomasa significativamente mayor que T2 ( $420,9 \text{ Kg ha}^{-1}$ ) y T1 ( $387,1 \text{ Kg ha}^{-1}$ ), T3 y T4 no fueron significativamente diferentes ( $p>0.05$ ). Para la tilapia se encontró una relación directa entre el incremento del sustrato y la biomasa final, siendo el nivel S2 significativamente mayor que S1. La biomasa del tratamiento T2 ( $629,7 \text{ Kg ha}^{-1}$ ) fue significativamente mayor respecto a T1 ( $453,4 \text{ Kg ha}^{-1}$ ). En el análisis de producción los tratamientos T2 y T3 alcanzaron los mejores valores, el análisis de proyección mostró que el policultivo camarón tilapia, con adición de sustrato, es una buena alternativa para obtener mejores rendimientos y ganancias.

## ABSTRACT

In recent years, several researches have been developed with the objective of improve the culture of the fresh water prawn *Macrobrachium rosenbergii*, for instance polyculture, size grading juveniles and adding artificial substrate to the ponds have achieve results, in addition the majority of those investigations in the fresh water prawn have had different objectives, such as increasing the productions levels, increasing the harvest weight and increasing the resistance of different illnesses.

This study was designed to evaluate the growth and supervivence of the freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* with 2 different densities (D1 y D2) and 2 percentages of added substrates (S1 y S2) in polyculture with *Oreochromis niloticus* “red tilapia”. In order to achieve this objective, the experiment was designed such as 2 x 2 factorial arrangement consisting in 4 treatment combinations with 2 levels for each of 2 factors (D1S1, D1S2, D2S1 y D2S2) and which 3 replicate for each treatment. The size, supervivence and total production obtained from biometries were analyzed using the software Statgraphic v.7,0 at 95 % confidence ( $\alpha = 0,05$ ).

After 80 days of culture, T3 (D2S1) treatment had the best weight ( $7,05 \pm 2,13g$ ) and percentage of supervivence (97,5%) to freshwater prawn, in addition the different levels of substrates had similar effect on the harvest weight of freshwater prawn, moreover an inverse relation was found between added substrate and percentage of supervivence.

The body length of tilapia was only affected by density and substrate interaction, where T2 and T3 treatment had the best growth. The harvest weight of tilapia was only affected by the substrate and a direct relation was found between them. A significantly effect ( $p < 0,05$ ) was not found between the different percentages of supervivence.

A direct relation was found between density and total production of the freshwater prawn, where D2 obtained better results than D1. T3 treatment ( $690,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ) had better yield than T2 ( $420,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ) and T1 ( $387,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ), T3 and T4 were not different. Tilapia had a direct relation between added substrate and total production, where S2 was significantly higher than S1. The production from T2 treatment ( $629,7 \text{ kg ha}^{-1}$ ) was significantly higher than T1 ( $453,4 \text{ kg ha}^{-1}$ ). The production analysis showed that polyculture of prawn-tilapia with added substrate, is a good alternative in order to obtain best productions and weights.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las especies acuícolas son consideradas entre los productos más competitivos, con potencial para entrar al mercado internacional. El camarón gigante de malasia es la especie más importante con potencial para competir con los diferentes productos del mercado internacional.

En los últimos años muchos investigadores han venido desarrollando nuevas tecnologías y técnicas de manejo con el fin de obtener mejoras en la producción comercial del camarón gigante de malasia *Macrobrachium rosenbergii*, como una alternativa al cultivo de langostinos, que parece ser más susceptible a las enfermedades que los camarones de agua dulce (Wang, 1998); D'Abramo (2003) reportó hace algunas décadas, que en los Estados Unidos se viene realizando investigaciones con el fin de obtener mejoras en la producción del camarón gigante de malasia. Las técnicas básicas de producción de esta especie, nativa de la región Indo-Pacífica tropical, fueron desarrolladas a finales de 1950 en Malasia, EE.UU. e Israel y durante las 3 ultimas décadas en muchos países de Asia (D'Abramo, 2003). New y Valent (citado por Tidwell, 2001) reportaron un incremento en la producción global de 17 608 millones de TM a 295 330 millones de TM entre 1989 y 1998 para el camarón gigante de malasia.

En los últimos años el camarón gigante de malasia *Macrobrachium rosenbergii* ha sido introducido en diferentes países. En China, por ejemplo, según WeiMin y XianPing (2002), el cultivo del gigante de Malasia fue introducido en la década de los 70s y su cultivo comenzó con gran fuerza en la década de los 90s, incrementándose su cultivo rápidamente en la ultima década, llegando a estar entre las dos especies de agua dulce más importantes de China. En 1993 existían solo 12 provincias dedicadas al cultivo de esta especie y tenían una producción aproximada de 1000 t. Para el año 2000, el cultivo del camarón gigante de malasia se ha expandido hasta 24 provincias y otras regiones autónomas Chinas llegando a producir cada una más de 1000 t. Según Tidwell et al. (2005), en los últimos años esta especie ha cobrado gran importancia, especialmente en el sur de los Estados Unidos, donde se han desarrollado muchas investigaciones con el fin de intensificar la producción

(kg ha<sup>-1</sup>) sin disminuir los promedios de cosecha y tratando de no deteriorar la calidad del agua.

En el Perú, el camarón gigante de malasia fue introducido por la Universidad Nacional Agraria La Molina en el año 1982 (Guerra, 1988) y su cultivo se concentró en la Región San Martín debido a las condiciones climáticas e hidrográficas favorables en esta zona. Actualmente en nuestro país las condiciones de cultivo son muy bajas, el alto costo del alimento balanceado, la territorialidad de los camarones, su agresividad entre otros, son factores que no permiten elevar los niveles de producción. Una forma de incrementar la densidad de siembra es incrementando la superficie del área del estanque de cultivo mediante la adición de substrato artificial (Tidwell et al., 2001). El policultivo entre camarón y tilapia también ha dado buenos resultados debido a la interacción positiva que ocurre entre estas especies, ya que ocupan diferentes nichos ecológicos (Burmester, 2001), evitando competencia por el espacio y por el alimento. Investigaciones como la selección de animales antes de la siembra y el uso de substratos en monocultivo reducen el crecimiento heterogéneo y las agresivas interacciones de esta especie. Según Alceste (2002) el policultivo de diferentes especies se está convirtiendo en una interesante alternativa, por ejemplo en Brasil, Ecuador y Honduras se está cultivando langostinos con tilapias como una forma de controlar diversas enfermedades como WSSV síndrome.

En nuestro país las investigaciones científicas en acuicultura y otras áreas, son escasas e insuficientes debido al poco apoyo e interés de entidades estatales y privadas, tanto nacionales como extranjeras. En este contexto, considerando la ausencia de investigaciones que evalúen el uso de adición de substrato como medio para incrementar la densidad de siembra, así como la supervivencia y crecimiento del camarón gigante de malasia en policultivo con la tilapia roja, el presente estudio pretende determinar las mejores condiciones de cultivo, para obtener los mejores rendimientos en un área menor de cultivo y así contribuir con una alternativa para el desarrollo de la acuicultura en nuestro país.



## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. Distribución geográfica y taxonomía:

#### A. “camarón” *Macrobrachium rosenbergii* (De Man, 1879)

Las especies de camarón de agua dulce del género *Macrobrachium* están distribuidas por todas las zonas tropicales y subtropicales del mundo. Se sabe que existen más de 100 especies y que una cuarta parte de ellos se encuentra en América. New (1980), Ra'anan y Cohen (1983), New y Singholka (1984). Jonson y Smith (1981) reportaron que los camarones de agua dulce son organismos tropicales y nativos del sureste de Asia, siendo la especie de mayor importancia *Macrobrachium rosenbergii*. Según New (1980) esta especie se encuentra en la mayoría de las zonas tropicales y subtropicales del mundo; por otro lado. D'Abramo et al. (2003) reportó que esta especie es natural de la región indo pacífico tropical del mundo. Según Holtius (1952), citado por New (1980), esta especie se encuentra cerca de las costas del Atlántico y el Pacífico, en América del sur y Central. La posición taxonómica del camarón, acorde con D'Abramo et al. (2003) y Toledo y García (1998), es:

Reino	:	Animalia
Phylum	:	Artropoda
Clase	:	Malacostraca
Orden	:	Decápoda
Familia	:	Palaemonidae
Género	:	<i>Macrobrachium</i>
Especie	:	<i>Macrobrachium rosenbergii</i> (De Man, 1879)

#### B. “tilapia” *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

Los cíclidos habitan generalmente las aguas dulces y salobres de África, el medio Oriente, las zonas costeras de la India, América central, del sur y del Caribe, incluyendo a Cuba; sin embargo, las verdaderas tilapias son solo nativas de África y el medio Oriente (Toledo y García. 1998). Actualmente se hallan en zonas

tropicales y subtropicales de todo el mundo, debido al amplio uso de esta especie en acuicultura y su introducción en diferentes ambientes, por lo que algunos autores como Rakocy y Mc Ginty (1989) sugieren que su distribución debería basarse en el rango térmico de la especie, especialmente si hablamos de cultivo. En lo referente a la posición taxonómica de la tilapia, acorde con Toledo y García (1998), es la siguiente:

Reino	:	Animalia
Phylum	:	Cordados
Clase	:	Actinopterygii
Orden	:	Perciformes
Familia	:	Cichlidae
Genero	:	Oreochromis
Especie	:	<i>Oreochromis niloticus</i> (Linnaeus, 1758)

## **2.2. Policultivo: camarón – tilapia**

El camarón gigante de malasia es un género de la familia Palaemonidae que incluye a la mayor parte de los camarones de agua dulce con importancia económica (New, 1980). Según numerosas referencias bibliográficas como el Manual de FAO 1984, FAO 2002, Boletín 1138 (Culture of Freshwater Prawns in Temperate Climates: Management Practices and Economics), KSU Prawn Production Manual, entre otros, se reconocen tres etapas para el cultivo del camarón gigante de malasia: la etapa de larva (Hatchery), la etapa de postlarva (Nursery – Growout) y la etapa de adulto (Harvest).

En la primera etapa la larva de camarón es pelágica, es decir, se encuentra principalmente nadando en la columna del agua alimentándose principalmente del fitoplancton y zooplancton. D'Abramo (2003) reporta que en esta etapa las larvas son muy agresivas y consumen alimento (de preferencia alimento natural) constantemente. Según Tidwell et al. (2002) y D'Abramo (2003) el tiempo de duración de esta etapa depende de la cantidad y calidad del alimento, la temperatura, la luz, la calidad del agua; Tidwell hace un mayor énfasis en la calidad del agua, considerando que la clave de un buen cultivo se encuentra en el manejo de los factores fisicoquímicos como son la concentración del oxígeno disuelto, pH, amonio, nitrito, nitratos, alcalinidad y dureza

principalmente. Luego de una serie de metamorfosis o mudas (8 mudas según Ling, 1969; 11 mudas según D'Abramo, 2003) la larva se transforma en un camarón en miniatura conocido como postlarva, esta postlarva llega a medir entre 7 y 11 mm de longitud (New y Singholka, 1984; D'Abramo, 2003).

Las postlarvas de camarón son translúcidas, presentando un color naranja-rosado claro en la cabeza. Según Tidwell et al. (2002), las postlarvas luego de 30 días de ser cultivadas a bajas densidades deberá alcanzar una talla aproximada de 2,5 cm (1 pulgada) y un peso de 0,25 g para poder ser sembradas. New y Singholka (1984), Alston (1991), New (2002), Tidwell (2002) y D'Abramo (2003) reportan que los camarones son muy agresivos y territoriales y al ser cultivados a altas densidades su crecimiento disminuye significativamente; el canibalismo aumenta por lo que el porcentaje de supervivencia disminuye y se incrementa la competencia por el alimento.

New y Singholka (1984) sugieren que en la etapa de engorde la densidad mas recomendada es de 50 000 camarones  $\text{ha}^{-1}$  (5 camarones  $\text{m}^{-2}$ ); D'Abramo (2003) recomienda rangos entre 24 700 – 49 400 camarones  $\text{ha}^{-1}$  de cultivo (2,5 - 5 camarones  $\text{m}^{-2}$ ); similares densidades son sugeridas por Tidwell (2002), entre 39 520 – 49 400  $\text{ha}^{-1}$  (4 - 5 camarones  $\text{m}^{-2}$ ); New (2002) recomienda para cultivos semi-intensivos densidades entre 40 000 – 200 000  $\text{ha}^{-1}$  de cultivo (4 - 20 PL  $\text{m}^{-2}$ ), teniendo mejores resultados con cultivos a bajas densidades ya que se obtiene mayores tallas que aquellos cultivadas a mayores densidades.

La producción mundial del camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* se ha incrementado considerablemente en los últimos años, debido a su rápido crecimiento, buena producción, alta resistencia a variaciones en la calidad del agua, fácil almacenamiento, transporte, así como su gran aceptación por los consumidores (Webster y Tidwell, 1995). Según New (citado por Tidwell et al., 2003) la producción mundial se incrementó en 636% entre 1989 y 1998, mientras que su valor se incrementó en 957% durante el mismo periodo. Este incremento se debe al desarrollo de muchas investigaciones, las cuales intentan incrementar las densidades de siembra (cantidad de camarones cultivados por  $\text{m}^2$  o  $\text{ha}$ ), pero sin afectar negativamente el crecimiento y la supervivencia de los camarones en cultivo (Tidwell et al., 2003).

New y Singholka (1984) reportaron que muchas plantas como *Elodea spp* y *Hjydrilla spp* constituyen un buen sustrato para los camarones en cultivo y que la superficie a disposición para los camarones puede incrementarse colocando paños de red suspendidos con flotadores y lastrados. New (2002) menciona el uso de tubos, ladrillos, ramas, entre otros materiales, como hábitat artificial para los camarones; pero muchos de ellos pueden dificultar la cosecha y en algunos casos las biometrías, por lo que no son recomendados.

En los últimos 10 años se han venido desarrollando nuevas tecnologías, pudiendo cultivar un mayor número de camarones por metro cuadrado; por ejemplo el investigador James Tidwell desde 1998 ha venido desarrollando el uso de sustratos en los estanques de cultivos, con el objetivo de incrementar la densidad de cultivo, la producción total y disminuir el canibalismo.

En 1996 este autor realizó un experimento sembrando camarones (a densidades de 60 000 ha<sup>-1</sup>) en estanques con sustrato, los cuales fueron colocados de manera horizontal; la adición de sustrato incrementó la disponibilidad de la superficie del estanque en un 20%. En los estanques donde los sustratos fueron colocados la producción total y el peso promedio de cosecha se incrementaron en un 20% y 23% respectivamente, comparado con los valores alcanzados en estanque sin sustratos (Tidwell et al., 1998).

En 1997 se realizó un experimento considerando dos densidades (60 000 y 120 000 ha<sup>-1</sup>) ambos con y sin adición de sustratos. Se determinó que a altas y bajas densidades los sustratos no fueron más efectivos, pero la producción total se incrementó en un 18% (Tidwell et al., 1999).

Los resultados de las investigaciones de 1996 y 1997 demostraron que al cultivar camarones en un rango de 60 000 y 70 000 camarones ha<sup>-1</sup>, combinado con el uso de sustratos artificiales, podría mejorar la producción total y el peso de cosecha. Un estudio realizado por Tidwell et al. (2000) para determinar la relación entre el número de camarones sembrados y diferentes porcentajes de adición de sustrato (0, 40, 80, 120%) demostró que existe una relación lineal directa entre la producción total (kg ha<sup>-1</sup>) y la cantidad de sustrato adicionado; sin embargo, en porcentajes superiores a 80% de

adición, se encontró que los sustratos no pueden mantenerse separados existiendo, de esta manera, una interacción negativa entre los camarones de los sustratos contiguos. El mismo el autor encontró que sustratos colocados en forma horizontal y vertical eran igualmente efectivos, pero la orientación vertical fue más apropiada en cuanto a la realización de los trabajos de campo. Además, menciona que la producción total mejoró en un 25% y sorprendentemente la adición de sustrato mejoró la eficiencia alimenticia, lo que sugiere que los sustratos podrían mejorar el medio ambiente del estanque de cultivo (Tidwell et al., 2001).

Esta misma tecnología ha sido aplicada en cultivos de langostinos, por ejemplo Moss et al. (2004) en un cultivo realizado con el langostino blanco *Litopenaeus vannamei*, reporta que la producción de larvas de camarón puede ser mejorado gracias a la adición de sustrato, el cual incrementa el área de superficie donde las larvas de camarón pueden obtener su alimento y además puede servir como refugio. Otros investigadores como Peterson y Griffith (1999) señalan que en el cultivo de langostinos existe un efecto negativo de la conducta de la especie, la calidad pobre del agua y la limitada disponibilidad de alimento asociada con altas densidades en sistemas de cultivos larvales que puede ser mitigado utilizando sustratos artificiales. La principal diferencia entre los langostinos (crustáceos de agua salada) y camarones (crustáceos de agua dulce) son que los camarones alcanzan mayores tallas que los langostinos (peneidos), son menos susceptibles a las enfermedades virales y su cultivo es ambientalmente sostenible; mientras que los langostinos pueden ser cultivados a mayores densidades, son menos territoriales y los individuos obtenidos al final del cultivo presentan tallas uniformes (Wang et al., 1998a; Tidwell et al., 2003).

Otras investigaciones sugieren la siembra de camarones graduados, es decir, sembrar camarones con tallas homogéneas descartando los individuos más pequeños, estos cultivos tienen la finalidad de eliminar los especímenes que no alcanzarían tallas comerciales y de esta manera obtener tallas homogéneas, evitando la territorialidad de los camarones de mayor tamaño sobre los de menor tamaño. Los investigadores Karplus (1986), Daniels y D'Abramo (1994) y Tidwell (2001), han realizado muchas investigaciones en este campo encontrando muy buenos resultados, pero muchas de estas tecnologías están dirigidas al cultivo de una sola especie (Monocultivo), en este caso *Macrobrachium rosenbergii* pero; muchos autores como Ra'anán y Cohen (1983),

Hulata y Karplus (1990), Wang et al. (1998a, 1998b), Burmester (2001a, 2001b), Quispe (2002), entre otros han venido trabajando en cultivos con más de una especie (Policultivos) encontrando buenos resultados.

Naylor et al. (2000) reporta que el cultivo de más de una especie en un mismo estanque (Policultivo) ha sido utilizado por centurias y continúa hasta hoy donde algunas especies de interés comercial son cultivadas juntas (carpa silvestre, carpa común, la carpa de cabeza grande, tilapias, entre otras). Hernández et al. (1988) menciona que este sistema de cultivo es originario de China, en donde ha venido siendo utilizada hasta nuestros días. Este sistema de cultivo utiliza la disponibilidad de alimento en el estanque y el volumen de agua para cultivar diversas especies que presentan diferentes nichos ecológicos con el fin de reducir los costos de producción e incrementar la productividad.

Milstein (1997) menciona que la mayor parte de la producción acuícola en aguas cálidas proviene de los policultivos. Dos tercios de esta cantidad es producida en China, donde el policultivo comenzó 12 centurias atrás con la combinación de diferentes tipos de carpas y otras especies como la tilapia, pero cada una con hábitos alimenticios diferentes. La misma autora reporta que en los últimos años el policultivo se ha expandido por diferentes países utilizando a diferentes especies de peces para controlar la calidad del agua e incrementar la producción de sus estanques. Milstein (1997) define al policultivo como un sistema basado en la productividad natural, donde se cultivan varias especies de peces con diferentes hábitos alimenticios en el mismo estanque, lo que hace posible una mayor eficiencia en la utilización de los recursos del estanque; esta alta eficiencia es alcanzada por la distribución de las especies en el estanque ocupando cada una de ellas diferentes nichos de alimentación y utilizando los desperdicios de una especie como alimento para otras especies, pero esto puede ser alcanzado únicamente con una adecuada combinación ecológica de diferentes especies. Hernández et al. (1988) define al policultivo como el manejo de diferentes especies de peces que aprovechan el alimento distribuido en cada uno de los diferentes niveles tróficos del agua presentes en el estanque.

New (2002) encontró que una considerable proporción de la producción mundial de camarones de agua dulce (proporción aún no calculada) proviene de los policultivos y

cultivos integrados. El policultivo entre el camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* y peces es muy variado, se puede realizar con tilapias, carpa común, carpa china, carpas de la india, peces ornamentales, paco y muchas otras combinaciones pueden ser posibles. La inclusión de los camarones en un policultivo generalmente presenta beneficios para el cultivo, como disponer de niveles de oxígeno más estables y la coprofagia, es decir, el uso de las heces de los peces como alimento por parte de los camarones en cultivo, el cual asegura una mayor producción total por área de cultivo, entre otras ventajas. El mismo autor menciona que la introducción de camarones en un sistema de policultivo de peces normalmente no reduce la cantidad de peces producido, en el caso inverso la introducción de peces en un monocultivo de camarones incrementa el rendimiento total, pero podría reducir la cantidad de camarones con respecto a la cantidad encontrada en un monocultivo.

El uso de un monocultivo o de un policultivo va a depender principalmente de dos factores: el lugar donde se desarrolle el cultivo y factores económicos. El costo de las especies en el mercado y la tecnología para el cultivo también deben ser tomadas en cuenta. Milstein (1997) menciona que para manejar adecuadamente un policultivo se debe tener en cuenta la relación de las especies a cultivar (peces-peces, peces-camarones, peces-langostinos, etc.) y la relación de las especies con su medio ambiente; este entendimiento hace posible elegir adecuadamente las especies para el policultivo, las densidades de siembra, tipo y tasas de alimentación requerido y las técnicas de manejo de acuerdo al lugar donde se desarrolla el policultivo como por ejemplo: Calidad del agua, conocimiento del clima, fertilización de los estanques, disponibilidad de las semillas, lugares de abastecimiento de alimento y fertilizantes, mercado, entre otros.

Coyle et al. (1999), en un policultivo entre el camarón gigante de malasia y la perca amarilla, menciona que el camarón es un buen candidato para los cultivos con peces, especialmente en jaulas flotantes el cual podría ser una forma de incrementar la producción de los estanques y proveer una mayor ganancia que los monocultivos con camarones tradicionales.

Hulata et al. (1990) realizó un policultivo donde los camarones no fueron afectados al ser sembrados con tilapias, carpas, entre otros peces; tampoco fueron afectados por los

diferentes regímenes alimenticios de los diferentes policultivos y que solamente son afectados por sus propias densidades de siembra.

Ra'anan y Cohen (1983) trabajando en un policultivo entre carpas y camarones (*Macrobrachium rosenbergii*) encontraron que casi todos los camarones alcanzaron una talla comercial en 125 días de cultivo con un 86% de supervivencia, por lo que el policultivo afectó positivamente el desarrollo de los camarones en cultivo, determinando incrementos en la producción total por estanque de cultivo.

Rakocy y McGinty (1989) mencionan a la tilapia como una especie capaz de ser acondicionada en un policultivo con camarones, ya que estas dos especies ocupan diferentes nichos, pudiéndoselas cultivar en un mismo estanque. Los mismos autores sugieren que un tipo de policultivo interesante es el de la tilapia con el camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* mencionando que la supervivencia y el crecimiento de estas especies son independientes. Los camarones que son incapaces de competir por el alimento utilizan el alimento no consumido por la tilapia, el alimento natural del estanque y las heces de las tilapias en cultivo.

Milstein (1997) reporta que tanto tilapias como las carpas remueven el barro del fondo del estanque incrementando el contacto entre las bacterias en el sedimento y el agua promoviendo un proceso aeróbico. Esta misma autora, menciona que el efecto de la tilapia en el sistema de policultivo fue la reducción de la carga orgánica debido a que consumía parte de las partículas resuspendidas por la carpa; además debido a que la tilapia filtraba activamente estimuló el crecimiento de algas y los procesos fotosintéticos que permitieron mantener niveles óptimos de oxígeno y pH. New (2002) señala que los camarones pueden aprovechar el detritus y los nutrientes derivados presentes en el estanque.

Fitzsimmons (2001) menciona que es muy raro encontrar a tilapias y langostinos viviendo juntos en ambientes naturales, pero esto se puede lograr utilizando estanques de cultivo, en la que cada especie ocupa su respectivo nicho ecológico, los langostinos tienden a estar cerca al fondo del estanque, mientras que la tilapia cerca de la superficie del agua; ambas especies pueden resistir cambios bruscos en la calidad del agua.



Otros autores han venido trabajando en el policultivo como una alternativa para reducir la susceptibilidad de los camarones a diferentes enfermedades; por ejemplo el investigador Quispe (2002), trabajando en un policultivo entre la tilapia roja y el langostino blanco, encontró que las condiciones bioecológicas del ambiente de cultivo fueron mejoradas, reduciendo la contaminación horizontal y permitiendo mayores oportunidades de supervivencia y crecimiento del langostino, en convivencia con el virus de la mancha blanca. Burmester (2001b), trabajando en un cultivo de langostino con tilapia, encontró que al cultivar estas dos especies juntas la tilapia removía los sedimentos del fondo y no permitía que se lleve a cabo el ciclo completo de descomposición de la materia orgánica, reduciendo así la presencia de bacterias que afectan al langostino. La tilapia se come a los langostinos moribundos y muertos evitando así que los langostinos sanos se coman a los infectados, expandiéndose de este modo la infección. Se cree que de esta forma la tilapia reduce la propagación del virus de la mancha blanca en la población de langostinos. El mismo autor reporta que siendo la tilapia un pez filtrador ayuda a mantener controlada la población de algas en el agua, de tal forma de que no se generen desequilibrios en el ambiente del estanque.

Tapia et al. (1991) mencionan que el cultivo de camarones peneidos asociados a peces, es una actividad que se desarrolla hace mucho tiempo en diferentes países, como por ejemplo en Panamá la cual comenzó desde 1982. Este autor reporta que muchos otros autores (De León, 1982; Batista, 1983; Herrera, 1984; Chavez, 1985 y 1986) encontraron la no-interferencia en el crecimiento y rendimiento del camarón peneido por parte de las especies de peces fitoplanctónicas del área pero de bajo valor económico. En 1987 se presenta la alternativa de cultivar camarones peneidos con la tilapia roja en Panamá, que por presentar tolerancia a la salinidad y tener una buena acogida en el mercado se presenta como una buena alternativa.

Karplus et al. (1986) realizó un policultivo de camarones con diferentes tipos de peces, carpa común, tilapias, carpa silvestre y carpas filtradoras, encontrando una buena afinidad de estas especies para su cultivo. Según Stickney (1998) se han reportado muchos tipos de policultivo con la tilapia como por ejemplo con *Hoplosternum littorale*, especie que es dependiente del fondo del estanque para obtener su alimento; *Lates calcarifer*, pudiendo cultivarse un individuo de esta especie con 7 tilapias; langostinos peneidos y carpas, siendo esta ultima la más tradicional en los policultivos.

### 2.3. Densidad de siembra

Milstein (1997) define la densidad como el número de individuos a cultivar (peces, camarones, langostinos, etc.) por unidad de área del estanque de cultivo. Esta autora menciona que la densidad afecta diferentes factores como el alimento natural, el oxígeno y finalmente la cantidad de desechos en el estanque de cultivo. La densidad también es un factor que afecta el crecimiento de las especies en cultivo y la calidad del agua.

Desde el punto de vista del policultivo la densidad juega un papel importante, así Milstein (1997) sostiene que al incrementar la densidad en un policultivo se produce una competencia entre especies ecológicamente diferentes.

La información disponible respecto a densidades de siembra en el policultivo camarón-tilapia es escasa y discordante. Green (2000) sugiere diferentes densidades dependiendo si el camarón o la tilapia es la especie principal; en el primer caso este autor recomienda una densidad de 5 a 15 PL m<sup>-2</sup> para el camarón y entre 0,05 y 1 alevín m<sup>-2</sup> para la tilapia. En el segundo caso, donde la tilapia es la especie principal, las densidades deberían estar comprendidas entre 0,8 y 3 alevines m<sup>-2</sup> para la tilapia y de 0,25 a 5 PL m<sup>-2</sup> para el camarón.

Ra'anan y Cohen (1983) realizaron trabajos con camarón en monocultivo a densidades de 25 000 y 45 000 camarones ha<sup>-1</sup> y en policultivo con carpas de 5 200 y 5 600 camarones ha<sup>-1</sup> y de 4 000 carpas ha<sup>-1</sup>, obteniendo producciones para el camarón entre 249,5 y 715,4 kg ha<sup>-1</sup>.

Karplus et al. (1986) realizó un policultivo entre diferentes especies de peces con el camarón gigante de malasia a diferentes densidad (1, 2, 3 y 4 camarones m<sup>-2</sup>) con un promedio de siembra de 2 g pero no reporta las densidades utilizadas para las carpas y tilapias en este policultivo.

En un policultivo realizado por Hulata et al (1990) la densidad utilizada para el camarón, *Macrobrachium rosenbergii*, fue de 2 m<sup>-2</sup>; para la tilapia híbrida (*O. Niloticus* x *O. Aureus* o *O. Niloticus* x *O. Urolepis hornorum*) fue de 0,9 m<sup>-2</sup> y para la tilapia roja fue de 0,035 m<sup>-2</sup>.

Sadek y Moreau (1998) cultivaron al camarón gigante de malasia en un sistema de monocultivo y policultivo, asociados a cultivos de arroz, con una densidad de 10 000 y 20 000 juveniles  $\text{ha}^{-1}$  en monocultivo y 10 000 camarones  $\text{ha}^{-1}$  y 5 000 alevines  $\text{ha}^{-1}$  en policultivo. Obteniendo producciones de 429,0 y 844,6  $\text{kg ha}^{-1}$  en monocultivo y 254,0  $\text{kg ha}^{-1}$  para el camarón y 754,4  $\text{kg ha}^{-1}$  para la tilapia en el policultivo.

García-Pérez y Alston (2000) cultivaron al camarón gigante de malasia en monocultivo y en policultivo con tilapia a densidades de 7 camarones  $\text{m}^{-2}$  para el monocultivo y con 7 camarones  $\text{m}^{-2}$  y 1 alevín  $\text{m}^{-2}$  para el policultivo. Después de 145 días de cultivo las producciones fueron 1 399  $\text{kg ha}^{-1}$  en monocultivo y 931  $\text{kg ha}^{-1}$  para el camarón y 2 788  $\text{kg ha}^{-1}$  para la tilapia en el policultivo.

Kurup y Ranjeet (2002) utilizando 10 pozas para el cultivo de arroz, sembraron de 15 000 a 60 000 camarones  $\text{ha}^{-1}$  en monocultivo y de 5 000 a 20 000 camarones  $\text{ha}^{-1}$  y de 5 000 a 10 000 alevines  $\text{ha}^{-1}$  en policultivo, obteniendo producciones de 95 a 1 300  $\text{kg ha}^{-1}$  en monocultivo y de 70 a 500  $\text{kg ha}^{-1}$  (para el camarón) y de 200 a 1 200  $\text{kg ha}^{-1}$  (para las carpas) en policultivo, en un periodo entre 6 a 8 meses de cultivo.

En el monocultivo del camarón las densidades utilizadas también varían, por ejemplo: New (1980) menciona densidades de 1,5 - 6,6 y 18 camarones  $\text{m}^{-2}$  para diversos experimentos realizados con el camarón gigante de malasia. Alston (1991) reporta que la Organización de Estados Americanos (OAS) construyó un estanque de 0,2  $\text{ha}^{-1}$  sembrando camarones a una densidad de 5  $\text{m}^{-2}$ , es decir, 10 000 camarones. Landkamer (1994) reporta densidades de 5 a 20 individuos  $\text{m}^{-2}$  (20 000 a 80 000  $\text{acre}^{-1}$  respectivamente) dependiendo del manejo y los planes de cosecha, ya que la densidad es un factor limitante en la producción de diferentes especies.

Daniels y D'Abramo (1994) en un cultivo con *Macrobrachium rosenbergii*, seleccionaron diferentes pesos para los camarones sembrándolos a 30% upper (más grandes), 70% lower (más pequeños), 30% lower y 70% upper; todos ellos a una densidad de 39 530  $\text{ha}^{-1}$  (4 camarones  $\text{m}^{-2}$  aproximadamente) en 125 a 138 días de cultivo.

Tidwell et al. (1994) cultivó camarones con dietas que contenían diferentes Fuentes de proteínas a densidades de 4 camarones  $\text{m}^{-2}$ , es decir 40 000 camarones  $\text{ha}^{-1}$ . Tidwell et

al. (1996, 1999 y 2003) reportó que los camarones pueden cultivarse en rangos de 60 000 y 70 000 camarones  $\text{ha}^{-1}$ , pero con el uso de substratos.

Webster y Tidwell (1995) realizando un trabajo con diferentes dietas (0, 20, 40% de GDS = distillers grains with solubles) sembró camarones con densidades de 19 760 camarones  $\text{ha}^{-1}$ ; en un segundo trabajo con una dieta con 32% de proteína utilizó una densidad de 39 536 camarones  $\text{ha}^{-1}$ , obteniendo una producción de 1 268 kg  $\text{ha}^{-1}$ .

Daniels et al. (1995) trabajó con diferentes densidades de siembra (39 540, 59 3000 y 79 100  $\text{ha}^{-1}$ ) y obtuvo una supervivencia de 75,7 – 81,9 y 78,2% en 131 y 134 días de cultivo, concluyendo que hay una relación inversa entre los pesos de cosecha y las densidades de siembra; es decir los mejores pesos se obtuvieron a menores densidades de siembra.

Tidwell et al. (1996) realizó dos cultivos del camarón *Macrobrachium rosenbergii* a diferentes latitudes (Kentucky: 38°12' y Mississippi: 33°28') para determinar el efecto de la temperatura con similares condiciones de cultivo; los animales fueron sembrados a una densidad de 4 camarones  $\text{m}^{-2}$  en ambos casos, obteniéndose una tasa de producción de 10,8 kg  $\text{ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$  para Kentucky (25,0 – 26,9°C) y 9,4 kg  $\text{ha}^{-1} \text{ día}^{-1}$  para Mississippi (26,4 - 28°C).

Ranjeet y Kurup (2002) cultivaron post larvas de camarón a diferentes densidades (14 000, 25 000, 40 000 y 60 000 camarones  $\text{ha}^{-1}$ ) en estanques con 2 a 6 ha (estanque I, II, III y IV), alimentándolos al 10% de su biomasa, con recambios periódicos de agua durante 8 meses de cultivo. Obtuvieron producciones de 320, 480, 630 y 510 kg  $\text{ha}^{-1}$  en los estanques I, II, III y IV respectivamente con una supervivencia entre 42 y 23%. Estos autores concluyen que la densidad afecta la estructura poblacional, los morfotipos, la proporción sexual y el peso medio de los animales en cultivo.

Las densidades para la tilapia son también variadas, Stickney (1998) concluye que mejores rendimientos fueron obtenidos con densidades de 3 individuos  $\text{m}^{-2}$  que aquellos cultivados a 6 y 9 individuos  $\text{m}^{-2}$ . Hanley (1991) en sistemas intensivos, sugiere densidades de siembra de 500 000 a 1 000 000  $\text{ha}^{-1}$  para los alevines por un periodo de 30 a 60 días y cuando llegan a pesar entre 20 y 50 g son transferidos a otros estanques y

sembrados a densidades de 14 000 a 20 000 ha<sup>-1</sup> por un periodo de 90 a 150 días. Llegando a obtener peces con un promedio de peso de 220 a 350 g.

Otros autores como Watanabe (1991) menciona que la tilapia ha ganado popularidad por su tolerancia a ser cultivada en agua salada, reportando densidades de 15 a 35 peces m<sup>-3</sup>. Los estanques de cultivo de langostino parecen ser fácilmente adaptables a los cultivos de tilapia siendo ésta un excelente complemento para los sistemas de policultivo.

Hargreaves et al. (1991), en un trabajo con diferentes niveles de aireación, cultivó tilapia roja en densidades de 400 a 600 peces m<sup>-3</sup> en jaulas flotantes, alimentadas con 36% de proteína por 143 a 146 días, encontrando biomásas de 181 kg m<sup>-3</sup> a altas densidades y de 140 kg m<sup>-3</sup> a bajas densidades.

#### **2.4. Substrato**

New (2002), en el manual FAO, define al substrato como alguna cosa que provee una protección adicional en un tanque o estanque de cultivo, como las mallas de nylon, tubos de PVC, etc.

En ambientes naturales, los camarones ocupan las zonas bentónicas de los ambientes lóticos y ribereños. Como es un animal que está relacionado principalmente al substrato bentónico, es dependiente de la disponibilidad de dos dimensiones de espacio, en vez de tres dimensiones (volumen) como es el caso de los peces. Por lo tanto, al incrementar la superficie del área disponible dentro del estanque, con la adición de substratos artificiales, se incrementarían los niveles de producción (Tidwell et al., 1998). Otra limitación en la producción de los camarones es la territorialidad natural de la especie, especialmente de los machos (Cohen et al., 1981), la cual sería disminuida al incrementar el área interna de cultivo, ya que los camarones dispondrían de una mayor área por animal en el cultivo.

Sandifer y Smith (1977) concluyen que la adición de substratos, en estanques de postlarvas, permite a los camarones utilizar la columna de agua y reducir los porcentajes de mortalidad.

Cohen et al. (citado por Tidwell et al., 1998), concluye que la adición de sustrato en los estanques de cultivo de camarón permite incrementar la producción y el peso final en un 14% y 13% respectivamente. Ra'anán et al. (citado por Tidwell et al., 1998), señala que la adición de sustrato fue más efectiva en cultivos intensivos para el camarón con aireación constante.

Tidwell et al. (1998) cultivó juveniles de camarón en un estanque con adición de sustrato, en un equivalente al 20% del fondo del estanque, y otro estanque sin adición de sustrato. Los sustratos fueron colocados horizontalmente con una separación entre ellos y el fondo del estanque de 30 cm. Después de 106 días de cultivo y una alimentación con 32% de proteína, se encontraron pesos mayores y significativamente diferente en estanques con adición de sustrato que aquellos sin sustrato; esta diferencia representó un incremento en el peso del 23%.

Tidwell et al. (1999a) comparó dos estanques con diferentes adiciones de sustrato (40% y 73% de incremento) con otro sin sustrato, encontrando una relación directa entre las producciones y la adición de sustratos. Es decir, a mayor porcentaje de adición de sustrato (0, 40 y 73%), mayores incrementos en la producción (1 456,83 – 1 655,18 y 1 813,19 kg ha<sup>-1</sup>).

Muchos otros autores han hecho referencia al uso de sustratos en los estanques de cultivo. Jonson y Smith (1981) colocaron ramas en los estanques de cultivo para el camarón, para determinar si esta aplicación podría proveer de mayor espacio para los camarones y de esta manera disminuir el canibalismo y la territorialidad de la especie. Estos autores concluyeron que el sustrato proveyó de un mayor espacio para los camarones pudiendo cultivar más camarones por metro cuadrado. Ranjeet y Kurup (2002) reportan que al incrementar las densidades de cultivo, la competencia por el alimento y el espacio aumenta significativamente, incrementando los porcentajes de mortalidad y la vulnerabilidad de la especie. Este efecto puede ser minimizado mediante la adición de sustratos en los estanques de cultivo.

D'Abramo (2000) realizó un trabajo con camarones considerando tres factores: volumen de agua, tasas de recambio y área del fondo del estanque donde encontró que altas tasas de crecimiento pueden ser alcanzadas a bajas tasas de recambio de agua cuando

el área de superficie del estanque es incrementada. Esto pudo deberse a ciertos factores como disminución de la energética utilizada en encuentros de competencia con otros camarones y en la adicional fuente de alimento natural provisto por el perifiton que creció sobre el substrato.

Tidwell et al. (2000) cultivó juveniles del camarón gigante de malasia a una densidad de 74 000 ha<sup>-1</sup> con adición de substrato del 40 y 80% en monocultivo, encontrando una relación directa entre la cantidad de substrato adicionado y la biomasa total, y una relación inversa entre la adición de substrato y tasa de conversión alimenticia. Esto se debió al efecto del substrato en el estanque de cultivo, donde el substrato no sólo permitió el incremento del área de desplazamiento del camarón, sino que sirvió de medio para el desarrollo de alimento natural el cual fue aprovechado por los camarones.

## **2.5. Alimentación**

Según Ling, (citado por Harpaz y Schmalbach, 1986), el camarón gigante de malasia es una especie omnívora, pudiendo aprovechar fácilmente todo tipo de alimento presente en el estanque. Según Webster y Tidwell (1995), los camarones son omnívoros teniendo una dieta consistente en insectos acuáticos, algas, frutos y larvas de moluscos, peces, y otros crustáceos. Generalmente los camarones tienden a ser menos costosos comparado con los langostinos debido a los bajos niveles de proteína que requieren en su dieta, al respecto Coyle (2005); Coyle y Tidwell (2005) reportan que las dietas usadas en producciones comerciales de camarones usualmente contienen menos proteína total y menos proteína de pescado que las dietas usadas para los cultivos de langostino. Además, estos autores recomiendan que al ser el camarón una especie eminentemente territorial el alimento balanceado deberá ser uniformemente distribuido en el estanque.

En cuando a la ración, la frecuencia de la alimentación y la cantidad de proteína necesaria, los investigadores Daniels y D'Abramo (1994), Tidwell et al. (2002) y D'Abramo (2003) muestran información abundante sobre este aspecto. Estos autores reportan que la frecuencia alimenticia debe ser 2 veces por día en los horarios comprendidos entre 09:00 – 10:00 h (la primera ración) y entre las 15:00-16:00 h (la segunda ración); Tidwell et al. (2003) reporta que el porcentaje de proteína debe estar en 32%, al comienzo del cultivo y 40%, al final del mismo; para obtener las raciones

éstos deben ser obtenidos de los datos promedios por tratamiento y no de forma individual, es decir, por estanque, además se deberá asumir el 100% de supervivencia. Daniels y D'Abramo (1994) sugieren que para obtener un valor más exacto de la cantidad de alimento suministrado se deberá considerar el 1% de mortalidad semanal.

Ra'anan y Cohen (1983), cultivando al camarón gigante de malasia en monocultivo y en policultivo con carpas, utilizaron dietas con 25% de proteína complementado con la fertilización del estanque mediante el uso de 90 kg ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> de heces de pollo, distribuido homogéneamente en el estanque.

Tidwell et al. (1994) realizó un cultivo con *Macrobrachium rosenbergii* con 3 dietas que contenían diferentes fuentes de proteínas, pero manteniendo todas las dietas el 32% de proteína. Los porcentajes de carne de pescado en las dietas vario de 0 a 15%; el porcentaje de proteína faltante fue compensado con DDGS (destillers'dried grains with solubles).

Según Webster y Tidwell (1995), los niveles de proteína más satisfactorios para el cultivo del camarón gigante de malasia se encuentran entre 24 y 39%. Estos autores también mencionan que según Shenn y D'Abramo , dietas con 34 y 38 % de proteína fueron satisfactorias para juveniles de *Macrobrachium rosenbergii*; mientras que D'Abramo (1989) concluye que una dieta conteniendo 32% de proteína produjo un aceptable crecimiento en los camarones. En un policultivo entre tilapias, carpas y camarones, Karplus et al. (1986) utilizó pellets que contenían un 25% de proteína para alimentar a los camarones sembrados a diferentes densidades.

Daniels et al. (1995) compararon el efecto de 2 dietas (32 y 34 % de proteína) en la producción del camarón gigante de malasia, sembradas a densidades de 39 540 ha<sup>-1</sup> obteniendo supervivencias de 73,7 y 75,7% respectivamente, no encontrando diferencia significativa entre las dos dietas. En muchas otras investigaciones se han utilizado dietas con 32% de proteína, como son los trabajos de Tidwell et al. (1996, 1998).

## **2.6. Cosecha**

Tidwell et al. (1994, 1996, 1998, 1999, 2001 y 2003) explica como se debe realizar la cosecha de camarones. Este autor recomienda que un día previo a la cosecha se debe



disminuir el nivel de agua; posteriormente, los substratos deberán ser retirados y se colectarán los animales con un cal-cal, los camarones restantes deberán ser colectados manualmente. Daniels y D'Abramo (1994) recomiendan que después de la cosecha, todos los camarones deberán ser mantenidos separadamente con aireación constante. Para la obtención de los datos finales, se tomarán muestras al azar y cada individuo será medido y pesado individualmente. Jory (2002) recomienda que la cosecha y las biometrías deberán realizarse muy temprano por la mañana o en la noche para evitar que las altas temperaturas afecten a los camarones.

### 3. OBJETIVOS

#### 3.1. Objetivo General:

Evaluar el efecto de dos densidades de siembra y dos porcentajes de adición de sustrato sobre el crecimiento en peso y la supervivencia del “camarón gigante de malasia” *Macrobrachium rosenbergii* en policultivo con “tilapia roja” *Oreochromis niloticus*.

#### 3.2. Objetivos específicos:

- Determinar el efecto de la densidad de siembra sobre el crecimiento en peso del camarón gigante de malasia en policultivo con la tilapia roja.
- Determinar el efecto de la adición de sustrato sobre el crecimiento en peso del camarón gigante de malasia en policultivo con la tilapia roja.
- Determinar el efecto de la densidad y la adición de sustrato sobre la supervivencia y biomasa del policultivo camarón tilapia.
- Determinar el tratamiento que presente mejores condiciones para el policultivo camarón - tilapia.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

### 4.1. Área de estudio

El presente estudio se realizó en el Centro de Acuicultura Tambo de Mora del Fondo Nacional de Desarrollo Pesquero (FONDEPES), ubicado en la Av. Industrial s/n, distrito de Tambo de Mora, provincia de Chincha, departamento de Ica, Perú; geográficamente se encuentra entre las coordenadas 13° 27' 18" S y 76° 10' 49" W, a una altitud de 15 m.s.n.m. (Fig. 1).



Fig. 48.- Centro de Acuicultura de Tambo de Mora-FONDEPES.

### 4.2. Metodología

#### A. Obtención de las semillas

Los juveniles de camarones (816 post-larvas de 2,36 cm y 0,15 g) *Macrobrachium rosenbergii* y tilapia roja (192 alevines revertidos de 3,5 cm y 0,76 g) *Oreochromis niloticus* fueron obtenidos del hatchery del Centro de Acuicultura de Tambo de Mora - FONDEPES. La colecta se realizó empleando una red pequeña, posteriormente las semillas fueron trasladadas, con aireación constante, a jaulas hechos de malla mosquitera para la aclimatación de los organismos (Fig. 2).



Fig. 49.- Larvas de tilapia.

## B. Unidades experimentales

Se utilizaron 12 unidades experimentales de 8 m<sup>2</sup> aproximadamente. Las unidades experimentales presentaron una forma rectangular (4 x 2 x 1 m) y con una profundidad media de 1 m, según lo recomendado por New y Singholka (1984), Tapia et al. (1991), Webster y Tidwell (1995) y Tidwell et al. (2002), (Fig. 3).



Fig. 50.- Unidades experimentales.

Las paredes del estanque fueron reforzadas con ladrillos y forradas con plástico para evitar posibles derrumbes o deformaciones. El fondo del estanque fue cubierto con una capa de arcilla, de aproximadamente 20 cm de alto, para evitar posibles filtraciones de agua (New y Singholka, 1984).

Cada estanque contó con dos ingresos de aire, proporcionado por una compresora de aire de 1/2 hp, para oxigenar los estanque y prevenir una estratificación térmica Tidwell et al. (1994, 1998); la distribución de cada tratamiento en las unidades experimentales fue totalmente al azar Tidwell et al. (1996, 1998, 2002, 2003, 2004), Daniels y D'Abramo (1994), D'Abramo et al. (2000).

### **C. Diseño experimental**

El diseño experimental planteado fue un factorial 2 x 2, el cual consistió en dos niveles por cada uno de los dos factores, es decir 4 tratamientos (tablas 1, 2 y 3), diseños similares fueron realizados por Hulata et al. (1990) D'Abramo et al. (2000); siguiendo la metodología utilizada por diversos investigadores cada tratamiento presentó tres replicas Hulata et al. (1990), Tapia et al. (1991), Heinen y Mensi (1991), Daniels y D'Abramo (1994), Molina et al. (1995), Tidwell et al. (1998) y D'Abramo et al. (2000).

El sustrato utilizado fue de malla mosquitera sujeta a cada extremo con estacas hechas de madera; la cantidad de malla adicionado a cada estanque estuvo en función del porcentaje de adición de sustrato (40% o 80%) y del área del fondo del estanque (8m<sup>2</sup>), para la adición S1 se agregó 2 mallas y para S2 se agregó 4 mallas, cada malla tenía un área de 1,6m<sup>2</sup> (Tidwell et al., 1998), (Fig. 4).



Fig. 51.- Substrato en los estanques experimentales.

La denominación de las variables experimentales, siguiendo el diseño factorial, fue la siguiente:

Tabla 27. Niveles de los factores Densidad y Substrato.

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>Especificaciones</b>
<b>Densidad</b> (D)	2 (D1, D2)	D1: 7 camarones $\text{m}^{-2}$ . D2: 10 camarones $\text{m}^{-2}$ .
<b>Substrato</b> (S)	2 (S1, S2)	S1: 40% de adición. S2: 80% de adición.

Tabla 28. Denominación de los Tratamientos.

Tratamiento	Denominación
D1S1	T1
D1S2	T2
D2S1	T3
D2S2	T4

Tabla 29. Distribución al azar de los Tratamientos.

Tratamiento	Unidades
T1 (D1S1)	3, 9, 12
T2 (D1S2)	4, 6, 7
T3 (D2S1)	8, 10, 11
T4 (D2S2)	1, 2, 5

#### D. Periodo de cultivo y alimentación

**a. Condiciones fisicoquímicas:** Se tomaron los valores de oxígeno disuelto, amonio no ionizado ( $\text{NH}_3$ ) y temperatura, los cuales fueron monitoreados y mantenidos a condiciones óptimas: oxígeno disuelto mayor a  $3 \text{ mgL}^{-1}$ , amonio no ionizado no mayor de  $0,1 \text{ mgL}^{-1}$  (D'Abramo et al., 2000), temperatura del agua con un mínimo de  $18^\circ\text{C}$  y un máximo de  $34^\circ\text{C}$  y pH entre 7 y 8,5 (New y Singholka, 1984).

El oxígeno disuelto, la temperatura del agua y la temperatura ambiental fueron medidos 4 veces al día (06:00, 12:00, 18:00, 24:00 h), (metodología usada por FONDEPES), para lo cual se utilizó un medidor analítico YSI-Yellow Springs Instruments (para la obtención de los datos de oxígeno disuelto y temperatura del



agua) y un termómetro ambiental respectivamente. El pH y el amoníaco fueron medidos cada 10 días (Molina et al., 1995), para lo cual se utilizó un Kitt de análisis químico Hach (para medir amoníaco, amonio y pH), (Fig . 5).



Fig. 52.- Instrumentos para la toma de datos fisicoquímicos.

**b. Alimentación:** El porcentaje de alimentación se obtuvieron siguiendo las recomendaciones de Daniels y D'Abramo (1994) y Daniels et al. (1995), asumiendo una supervivencia del 100% y las raciones de los estanques fue basado en los tratamientos promedios y no con pesos individuales por estanque (Tidwell et al., 2003). La cantidad de alimento distribuido en los estanques fue dividido en dos raciones, las cuales fueron repartidas por la mañana (10:00 h) y en la tarde (15:00 h) (Harpaz y Schmalbach, 1986; Tidwell et al., 1994, 1996; Daniels et al., 1995).

**c. Recambio de agua:** El recambio sólo se realizó en los siguientes casos: altas concentraciones de amonio no ionizado, bajas concentraciones de oxígeno disuelto u otros casos en los cuales peligran los juveniles en cultivo; solamente se repusieron las pérdidas de agua ocasionada por la evaporación Karplus et al. (1986), Daniels y D'Abramo (1994), Danies et al. (1995), Tidwell et al. (1998, 2003).

**d. Preparación de los estanques:** Dos semanas antes de la siembra, los substratos fueron colocados de acuerdo al diseño experimental y siguiendo la metodología utilizada por Tidwell et al (1998). Una semana previa a la siembra los



estanques fueron llenados con agua de pozo y fueron colocadas las mangueras para el ingreso del aire Tidwell et al (1994, 2003).

**e. Siembra:** Las postlarvas de camarón se sembraron con una talla promedio de  $2,36 \text{ cm} \pm 0,18$  y un peso de  $0,15 \text{ g} \pm 0,04$  (D'Abramo, 1989; Daniels y D'Abramo, 1994; Daniels et al., 1995). Los juveniles de tilapia se sembraron con una talla promedio de  $11,70 \text{ cm.} \pm 10,68$  y con un peso de  $0,76 \text{ g} \pm 0,19$ . Los juveniles de camarones y tilapia fueron contados, medidos y pesados (Media  $\pm$  D.E.) manualmente antes del sembrado (Tidwell et al., 1998, 2003; Daniels et al., 1995). Las postlarvas de camarones fueron sembrados días previos a la siembra de alevines de tilapia, para evitar algún tipo de interacción y para que los camarones puedan distribuirse libremente sobre el fondo del estanque y substratos. El sembrado se realizó transportando las postlarvas de camarón y alevines de tilapia, en una tina con aireación constante, desde las jaulas de aclimatación hasta sus respectivos estanques de experimentación. Para la captura y siembra de los individuos se utilizó un cal-cal de malla mosquitera.

**f. Muestreo:** Los individuos fueron colectados cada 10 días con un cal-cal de malla mosquitera y colocados en tinas de 200 L, con aireación constante, y llevados al laboratorio para ser medidos y pesados. Para obtener los valores de talla y peso de los individuos se utilizó un ictiómetro de 30 cm y una balanza analítica OHAUS (0.001 g de precisión) respectivamente (Fig. 6).



Fig. 53.- Biometría de camarones y tilapias.

**g. Cosecha:** La cosecha realizó después de 3 meses de cultivo. Un día previo a la cosecha el nivel del agua de cada estanque fue disminuido para facilitar la captura de los animales; tanto tilapias como camarones fueron colectados con un cal-cal de malla mosquitera, y los camarones que escaparon fueron colectados manualmente. Los camarones y tilapias de cada estanque de cultivo, fueron contados, medidos y pesados individualmente para obtener los datos de la última biometría (Tidwell et al., 1994, 1996).

## **E. Análisis e interpretación de los resultados:**

### **a. Parámetros de respuesta:**

**Crecimiento en talla y peso:** Para esta medición se utilizaron el ictiómetro y la balanza analítica, las mediciones fueron realizadas individualmente tanto para los camarones como para las tilapias.

**Supervivencia:** Se utilizó el método del conteo manual, al inicio del experimento y al final del mismo.

**Parámetros fisicoquímicos:** Se tomaron datos de temperatura ambiental ( $^{\circ}\text{C}$ ), temperatura del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, oxígeno disuelto ( $\text{mgL}^{-1}$ ) y amonio no ionizado ( $\text{mgL}^{-1}$ ).

**b. Análisis estadístico:**

Se realizó el Análisis de Varianza Multifactor (Tabla 01) empleando el programa estadístico STATGRAPHIC v. 7,0 para DOS, el grado de significancia usado fue:  $P < 0.05$ . Se realizó la Prueba de Duncan (Análisis de Medias) para denotar diferencias significativas. Análisis similares fueron realizados por Hulata et al. (1990) Tidwell et al. (1996) y Moss et al. (2004). La significancia evaluada fue de la siguiente manera:

$P < 0.05$  = Diferencia Significativa

$P > 0.05$  = Diferencia No Significativa

Los datos de talla y peso, tomados individualmente para cada especie, fueron introducidos al programa estadístico y analizados separadamente; Los datos fueron ordenados siguiendo el diseño factorial (Tabla 01).

Los valores de porcentaje de supervivencia se normalizaron según la formula Porcentaje de supervivencia normalizado, para ser usado en el programa estadístico, siguiendo la metodología de Hulata et al. (1990) , Heinen y Mensi (1991), Danies et al. (1995).

**c. Formulas empleadas:****Porcentaje de supervivencia:**

$$\%Supervivencia = \frac{\text{Número de animales}}{100}$$

**Porcentaje de supervivencia normalizado:**

$$\%Supervivencia \text{ Normalizado} = \arcsin (\%supervivencia)^{1/2}$$

$$\%Supervivencia = \sin(\%Supervivencia \text{ Normalizado}) \times 100$$

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Parámetros fisicoquímicos de las aguas

Los resultados obtenidos se encuentran resumidos en la tabla 4 (Fig. 7, 8, 9 y 10).

Tabla 30. Valores mínimos y máximos de los Parámetros Fisicoquímicos.

Parámetros Fisicoquímicos	Valores Mínimos y Máximos
Temperatura Ambiental	17 °C – 23 °C
Temperatura del Agua	21 °C – 28 °C
Oxígeno Disuelto	7 mgL <sup>-1</sup> – 12 mgL <sup>-1</sup>
pH	8.3 – 8.7
Amonio no ionizado	0.05 mgL <sup>-1</sup> – 0.1 mgL <sup>-1</sup>

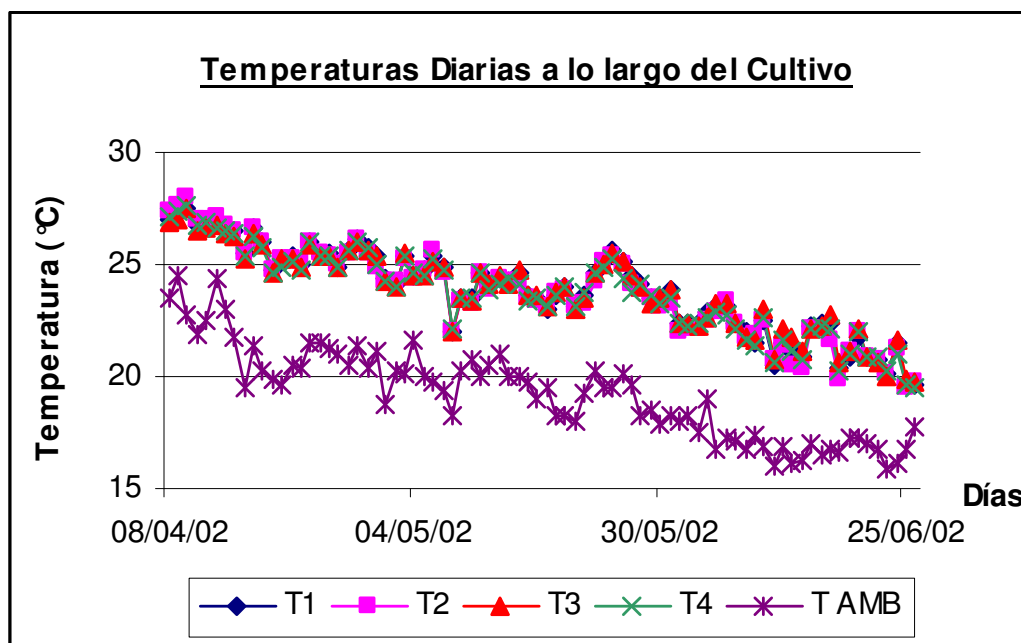


Fig. 54.- Fluctuación de la temperatura diaria a lo largo del cultivo.

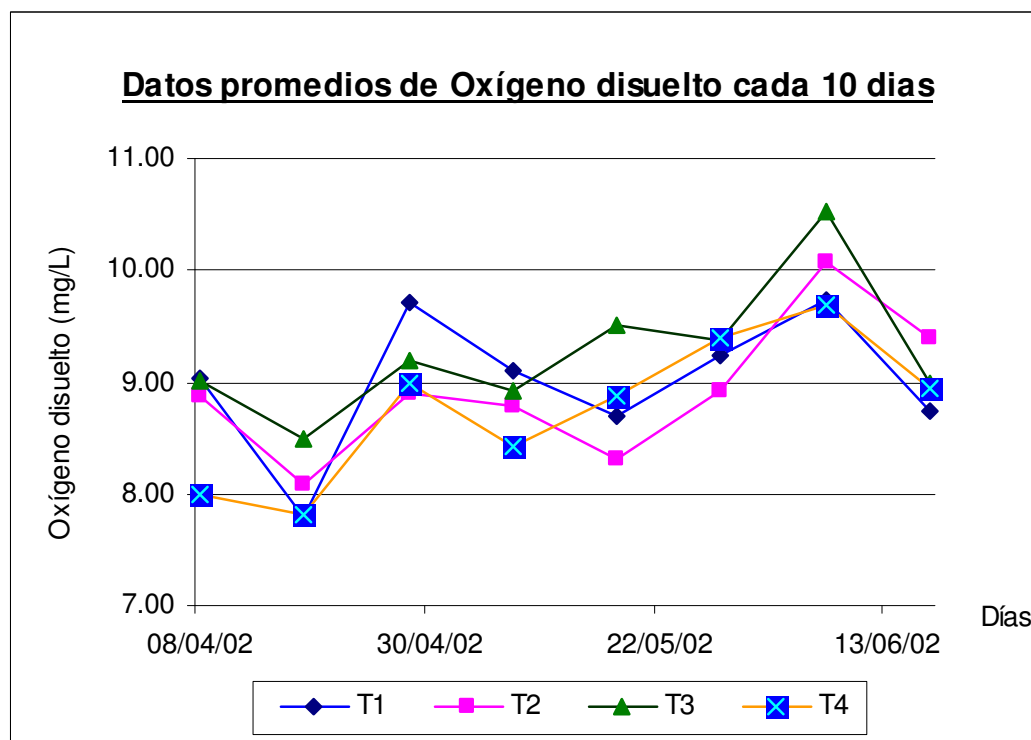


Fig. 55.- Fluctuación del Oxígeno disuelto a lo largo del cultivo.

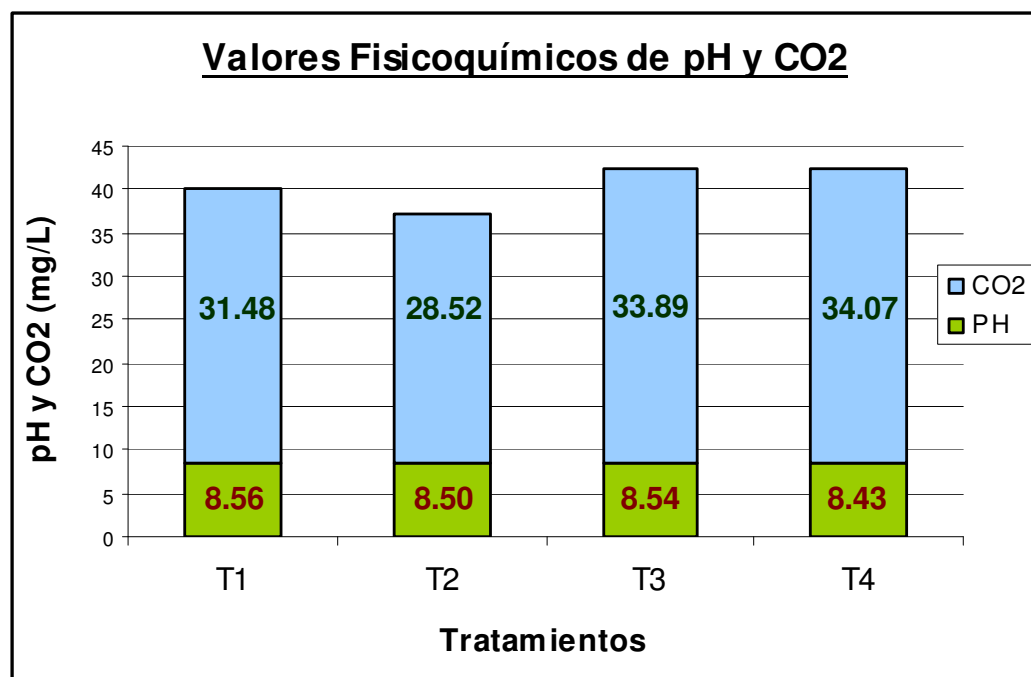


Fig. 56.- Fluctuación de los valores de pH y CO<sub>2</sub>.

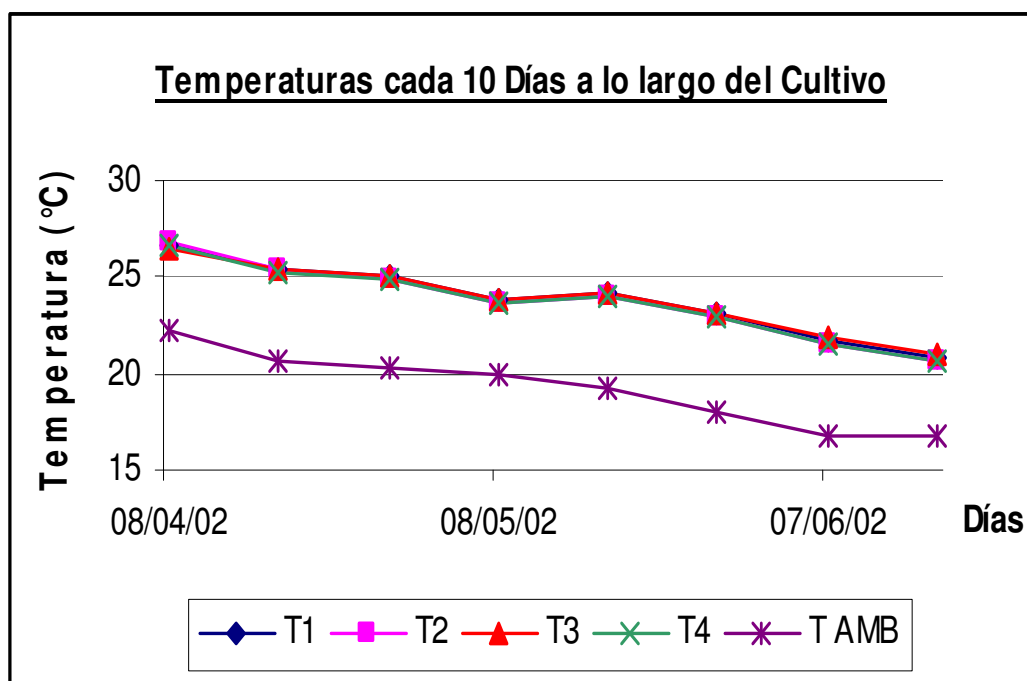


Fig. 57.- Fluctuación de la Temperatura cada 10 Días a lo largo del cultivo.

## 5.2. Parámetro de crecimiento en peso del “camarón gigante de malasia”

Todos los camarones sembrados al inicio del experimento fueron analizados estadísticamente no encontrando diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Se sembraron camarones con un peso promedio inicial de  $0,15 \text{ g} \pm 0,04$  al finalizar el experimento se obtuvieron camarones un peso final promedio de  $6,59 \text{ g} \pm 1,78$  (Fig. 11).

En el análisis de varianza Multifactor entre las variables experimentales y su interacción, la variable densidad presentó diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) al final del cultivo; En cambio la variable sustrato no mostró diferencia estadística significativa ( $p > 0,05$ ) a lo largo del cultivo. La interacción de las variables mostró diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ), (Cuadro 1).

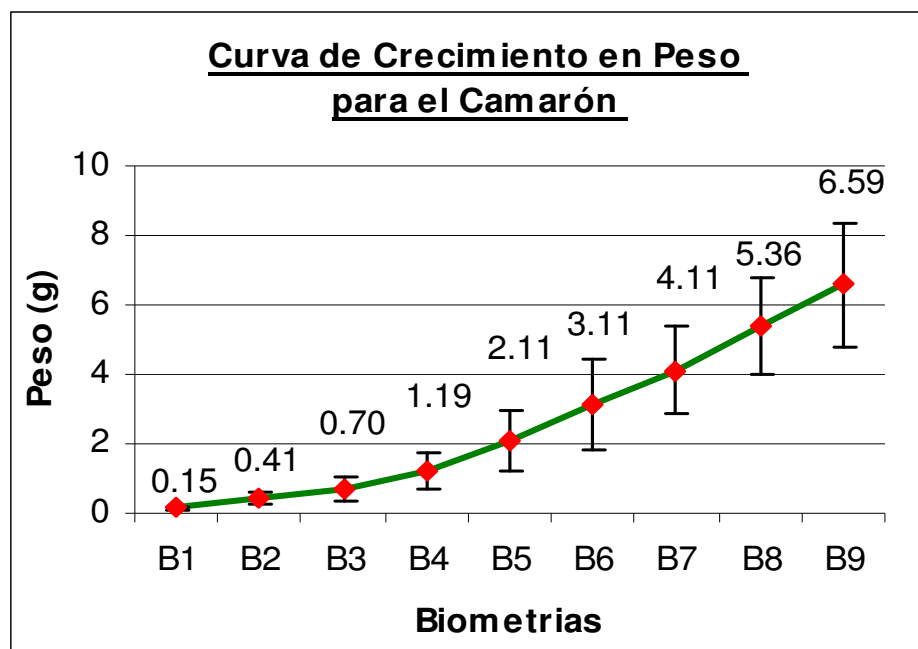


Fig. 58.- Peso promedio del camarón gigante de malasia a lo largo del cultivo.

En la prueba de Duncan para el análisis de media por factor, los niveles D1 y D2 del factor densidad presentaron diferencia estadística significativa, los niveles S1 y S2 del factor sustrato no presentaron diferencia estadística significativa (Tabla: 5; Fig. 12, 13 y 14; Cuadro 2 y 3)

Tabla 31. Análisis de media en peso por factor para el camarón.

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>Peso <math>\pm</math> D.E. (*)</b>	<b>C.V.</b>
<b>Densidad</b>	D1	6,32 $\pm$ 1,67 (a)	26,47
	D2	6,86 $\pm$ 1,84 (b)	26,82
<b>Substrato</b>	S1	6,48 $\pm$ 1,98 (a)	30,56
	S2	6,70 $\pm$ 1,54 (a)	23,02

\* letras diferentes denotan diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

La prueba de Duncan mostró diferencia estadística significativa ( $p < 0,05$ ) únicamente en los niveles del factor densidad donde el nivel D2 (mayor densidad de siembra) obtuvo un crecimiento significativamente mayor que el nivel D1.

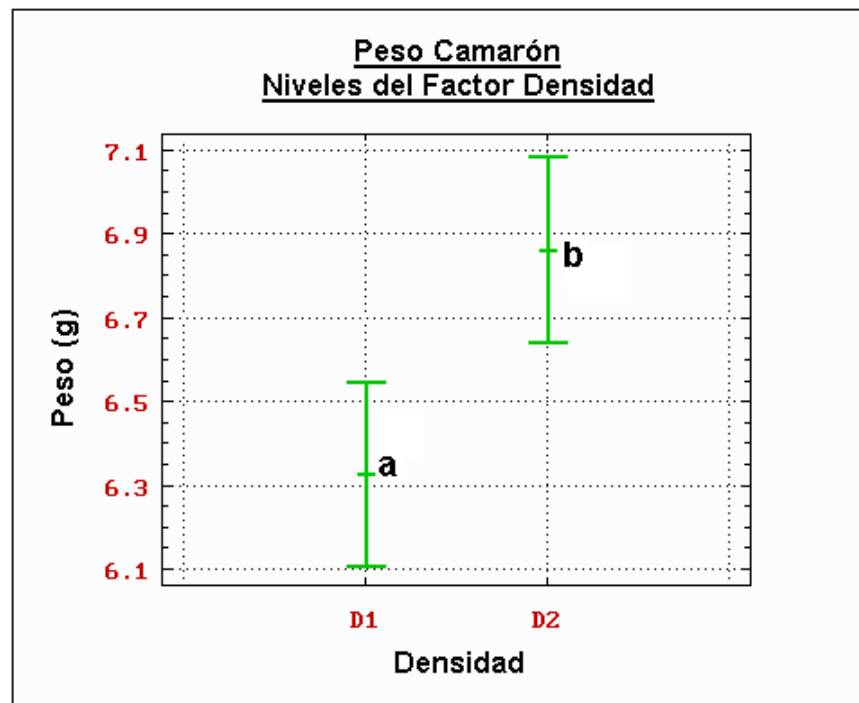


Fig. 59.- Peso promedio del camarón por factor densidad al final del cultivo.

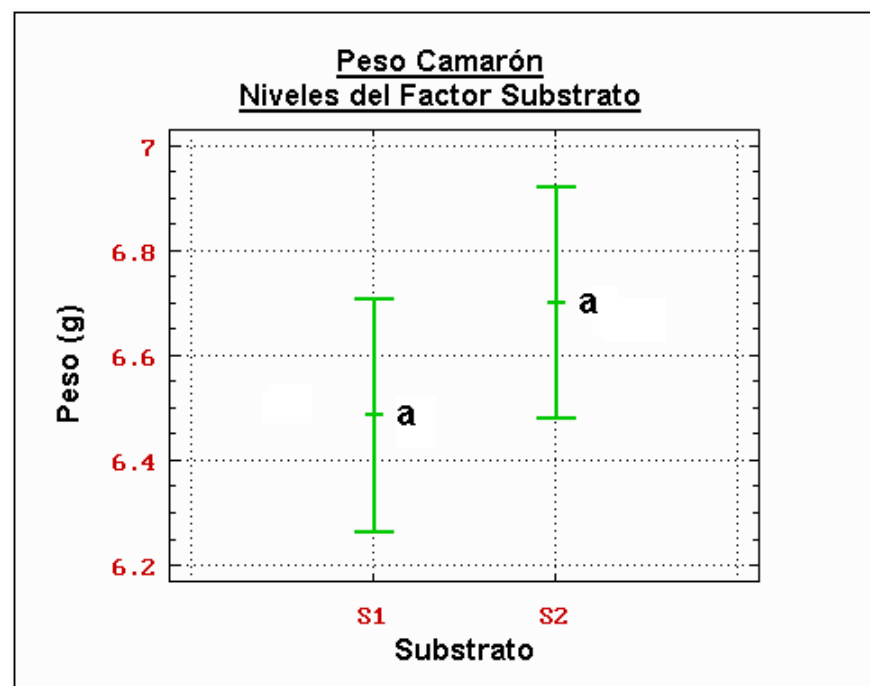


Fig. 60.- Peso promedio del camarón por factor substrato al final del cultivo.



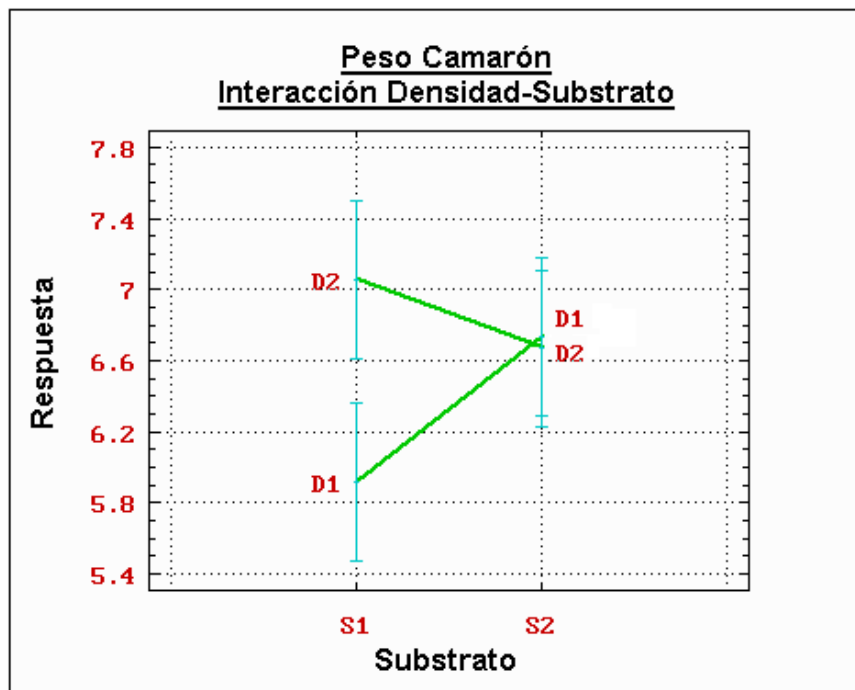


Fig. 61.- Interacción de los factores densidad-substrato para el peso del camarón.

El análisis de media por tratamiento presentó diferencia estadísticamente significativa entre el tratamiento T1 respecto de los tratamientos T2, T3 y T4; donde el tratamiento T3 obtuvo la mayor media. Tabla: 6; Fig. 15.

Tabla 32. Análisis de media en peso por tratamiento para el camarón.

Tratamiento	Peso $\pm$ D.E. (*)	C.V.
T1 (D1S1)	5,92 $\pm$ 1,65 (a)	27,94
T2 (D1S2)	6,73 $\pm$ 1,61 (b)	23,87
T3 (D2S1)	7,05 $\pm$ 2,13 (b)	30,20
T4 (D2S2)	6,67 $\pm$ 2,10 (b)	31,50

\* letras diferentes denotan diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

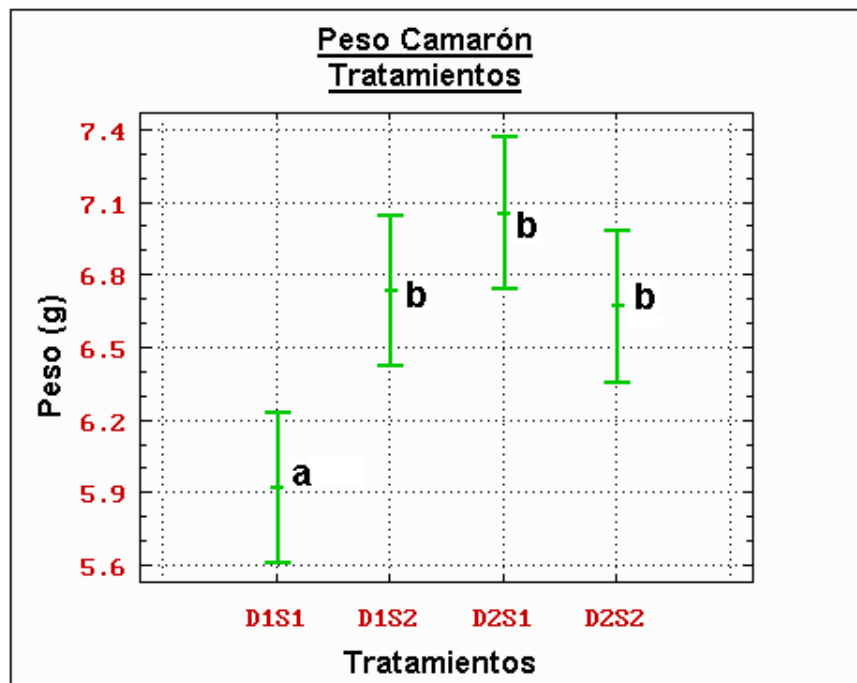


Fig. 62.- Peso promedio del camarón por tratamiento al final del cultivo.

Los resultados para el análisis de regresión potencial para los tratamientos se presentan en la Tabla: 07; Fig. 16, 17, 18 y 19.

Tabla 33. Análisis de regresión del peso por tratamiento para el camarón.

Tratamiento	Ecuación de la Regresión	R <sup>2</sup>	Tasa de crecimiento (b)
<b>T1 (D1S1)</b>	$Y = 0,1314 x^{1.7206}$	0,9915	1,7206
<b>T2 (D1S2)</b>	$Y = 0,1337 x^{1.7287}$	0,9855	1,7287
<b>T3 (D2S1)</b>	$Y = 0,1106 x^{1.8207}$	0,9854	1,8207
<b>T4 (D2S2)</b>	$Y = 0,1282 x^{1.7809}$	0,9895	1,7809

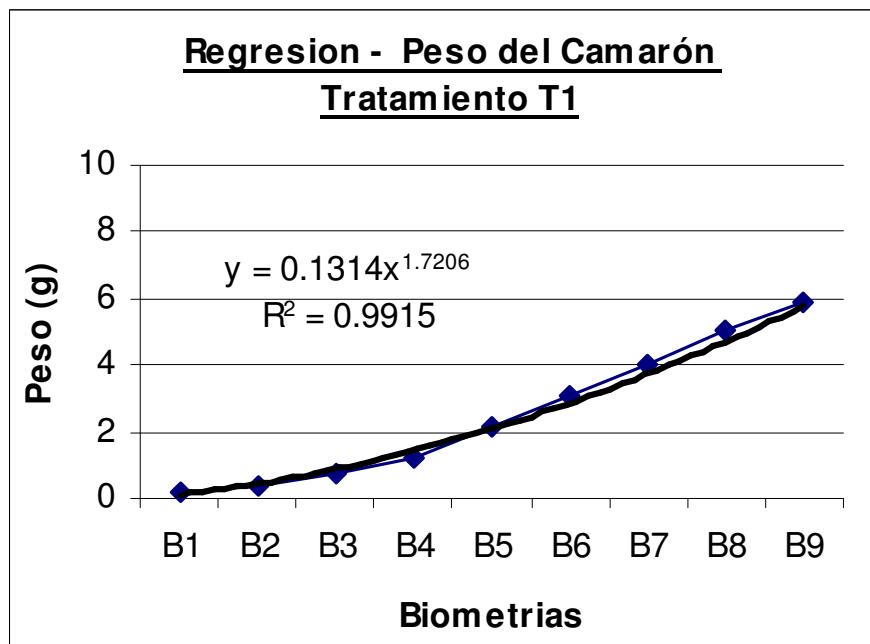


Fig. 63.- Curva de regresión para el peso del camarón – tratamiento T1

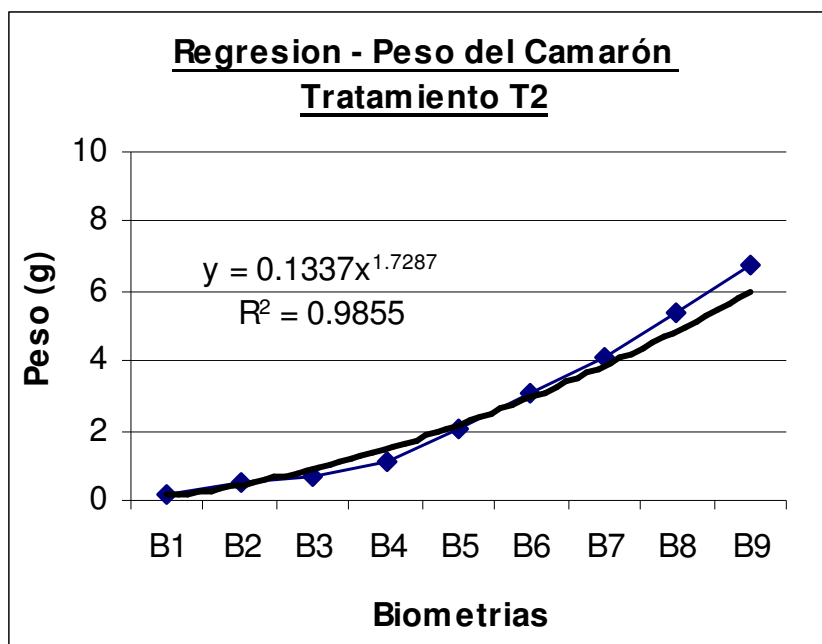


Fig. 64.- Curva de regresión para el peso del camarón – tratamiento T2

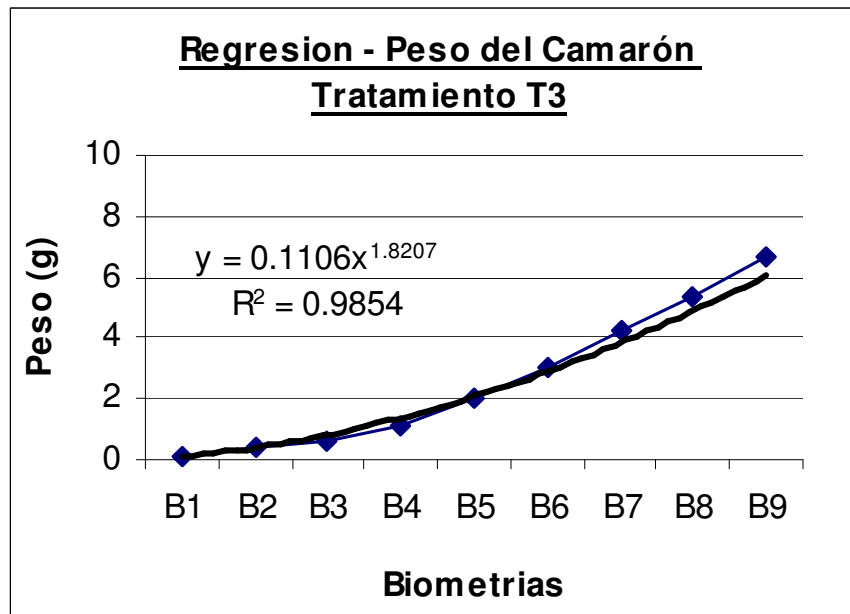


Fig. 65.- Curva de regresión para el peso del camarón – tratamiento T3

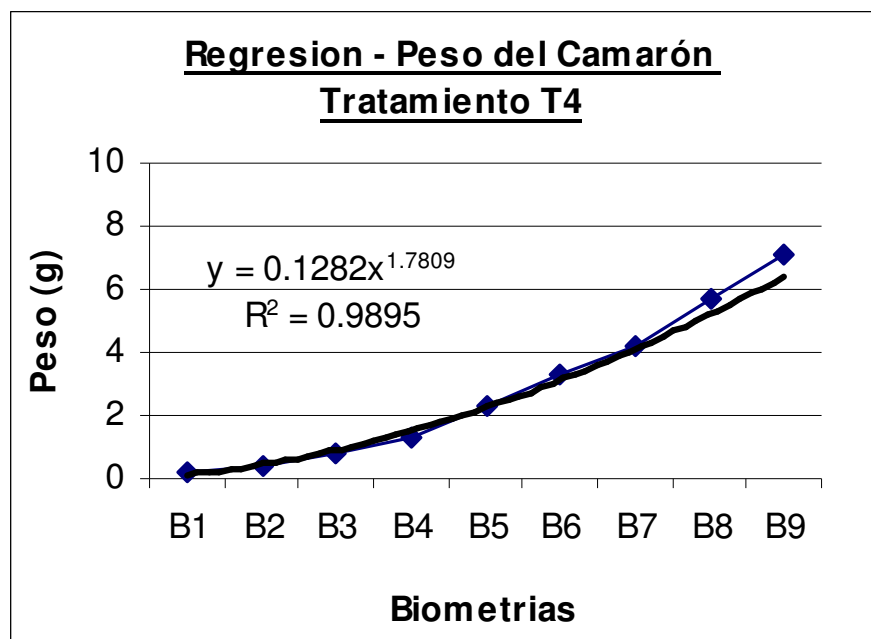


Fig. 66.- Curva de regresión para el peso del camarón – tratamiento T4

### 5.3. Parámetro de supervivencia del “camarón gigante de malasia”

El porcentaje de supervivencia promedio para el camarón gigante de malasia en el cultivo fue de 90,32%. (Fig. 20).

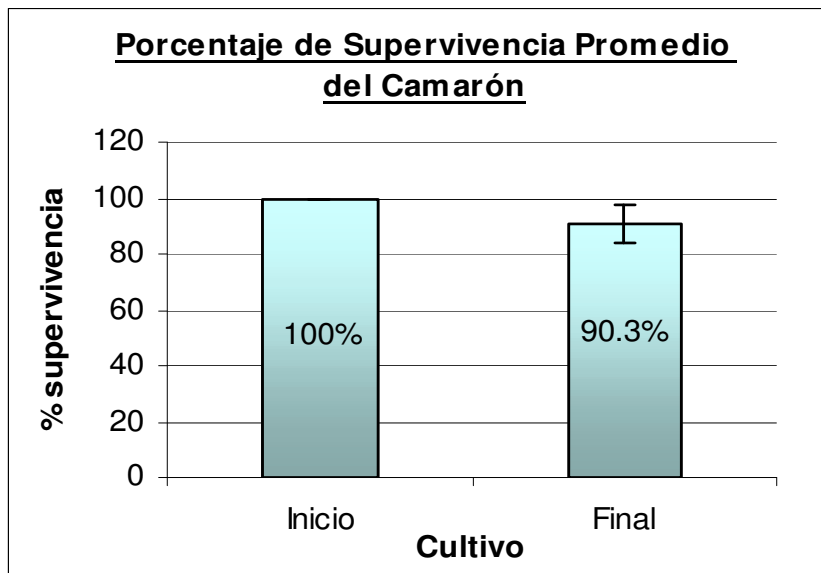


Fig. 67.- Porcentajes de supervivencia promedio para el camarón.

En el análisis de varianza Multifactor, entre las variables experimentales y su interacción, la variable substrato mostró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) a diferencia de la variable densidad que no presentó diferencia significativa ( $p > 0,05$ ); la interacción de las variables no mostró diferencia significativa ( $p > 0,05$ ), (Cuadro 10).

Los resultados de la prueba de Duncan, para el análisis de media por factor de la Densidad y Substrato, se presentan en la Tabla: 8; Fig. 21, (Cuadro 11 y 12).

Tabla 34. Análisis de media de la supervivencia por factor para el camarón.

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>% Supervivencia ± D.E. (*)</b>	<b>C.V.</b>
<b>Densidad</b>	D1	91,07 ± 5.05 (a)	5,55
	D2	89,79 ± 8.68 (a)	9,66
<b>Substrato</b>	S1	95,59 ± 5.42 (b)	5,67
	S2	85,05 ± 4.28 (a)	5,03

\* letras diferentes denotan diferencia significativa (P<0,05).

En la prueba de Duncan, las medias de la densidad no presentaron diferencia significativa ( $p>0,05$ ), pero el nivel substratos si se presentó diferencia significativa ( $P<0,05$ ) donde el substrato S1 obtuvo un mayor porcentaje de supervivencia respecto a S2.

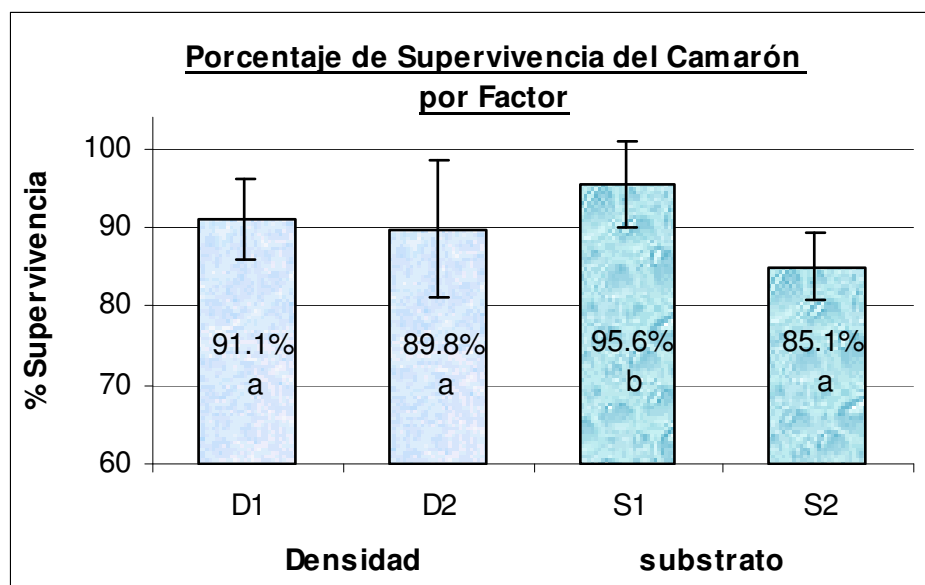


Fig. 68.- Porcentaje de supervivencia por factor para el camarón.

Los resultados del análisis de media por tratamiento se presentan en la Tabla: 9; Fig. 22.

Tabla 35. Análisis de media de la supervivencia por tratamiento para el camarón

Tratamiento	% Supervivencia $\pm$ D.E.	(*)	C.V.
<b>T1 (D1S1)</b>	92,86 $\pm$ 7,14	(ab)	7,69
<b>T2 (D1S2)</b>	89,29 $\pm$ 1,19	(ab)	2,00
<b>T3 (D2S1)</b>	97,50 $\pm$ 2,50	(b)	2,56
<b>T4 (D2S2)</b>	82,08 $\pm$ 1,91	(a)	2,33

\*letras diferentes denotan diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

En la prueba de Duncan el tratamiento T4 presentó un porcentaje de supervivencia significativamente menor ( $p < 0,05$ ) respecto a los demás tratamientos; Los tratamientos T1, T2 y T3 no mostraron diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) entre si.

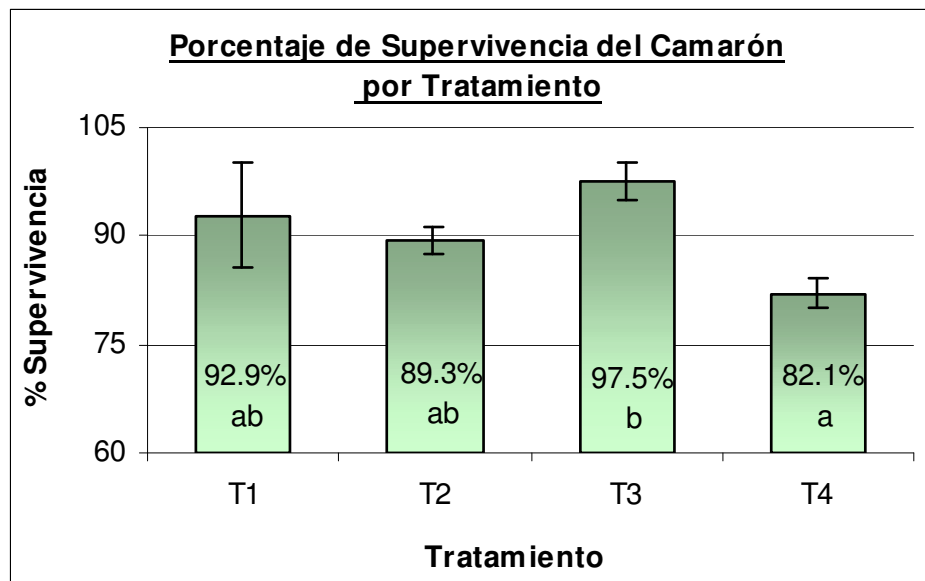


Fig. 69.- Porcentaje de supervivencia por tratamiento para el camarón.

#### 5.4. Parámetro de crecimiento en talla y peso de la “tilapia”

##### A. Talla

Todos las Tilapias sembradas al inicio del experimento fueron analizados estadísticamente no encontrado diferencia estadísticamente significativa entre ellos.

Se sembraron tilapias con una longitud promedio inicial de  $3,54\text{cm} \pm 0,31$  al final del experimento las tilapias terminaron con una talla final promedio de  $11,70\text{ cm.} \pm 10,68$ ; Fig. 23.

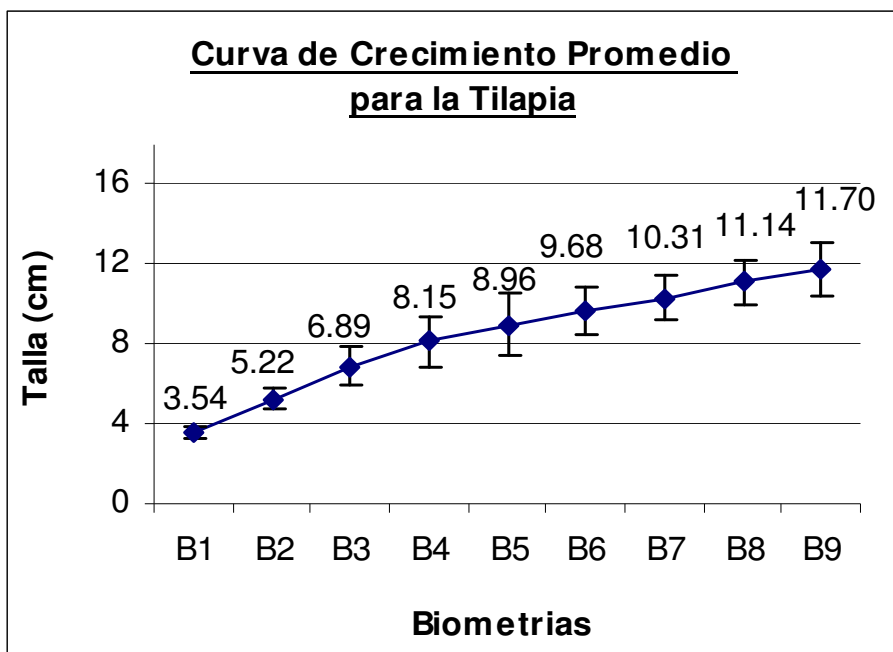


Fig. 70.- Talla promedio de la tilapia a lo largo del cultivo.

El análisis de varianza no mostró diferencia estadísticamente significativa ( $p>0,05$ ) para los niveles del factor sustrato y densidad. La interacción de los factores si mostró una diferencia significativa ( $p<0,05$ ) al final del cultivo, (Cuadro 4).

En la prueba de Duncan para el análisis de media por factor, tanto los niveles del factor densidad (D1 y D2) y sustrato (S1 y S2) no mostraron diferencia estadísticamente significativa Tabla: 10; Fig. 24, 25 y 26, (Cuadro 5 y 6).



Tabla 36. Análisis de media en talla por factor para la tilapia.

Factor	Niveles	Talla $\pm$ D.E. (*)	C.V.
<b>Densidad</b>	D1	11,76 $\pm$ 1,18 (a)	10,07
	D2	11,65 $\pm$ 1,48 (a)	12,70
<b>Substrato</b>	S1	11,49 $\pm$ 1,18 (a)	10,24
	S2	11,92 $\pm$ 1,46 (a)	12,21

\* letras diferentes denotan diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

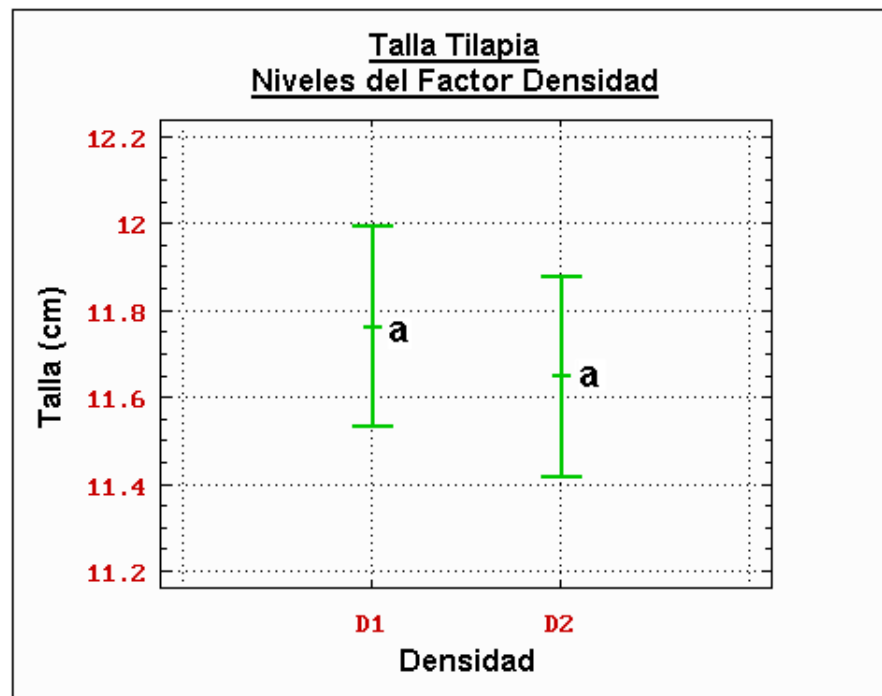


Fig. 71.- Talla promedio de la tilapia por factor densidad al final del cultivo.

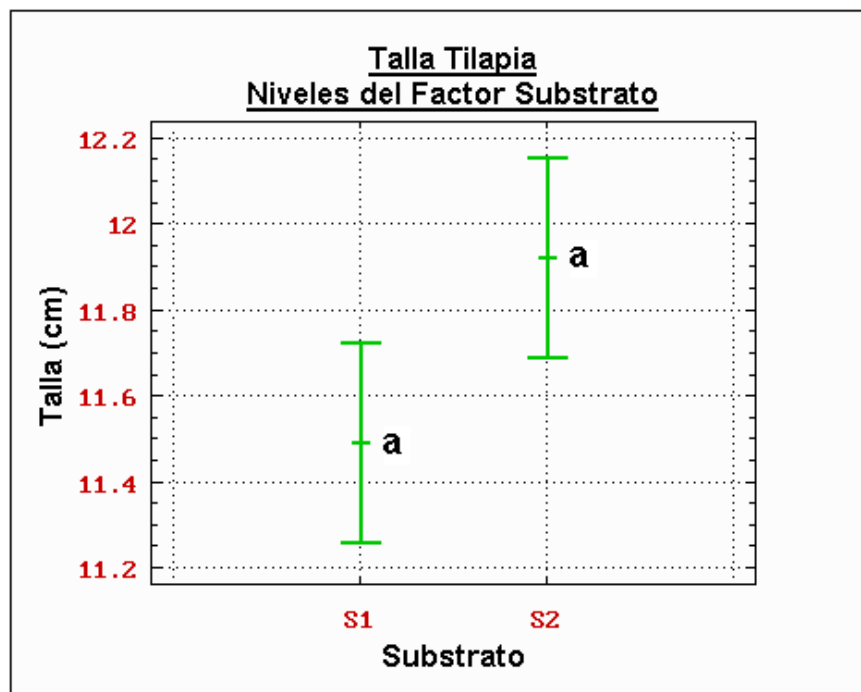


Fig. 72.- Talla promedio de la tilapia por factor substrato al final del cultivo.

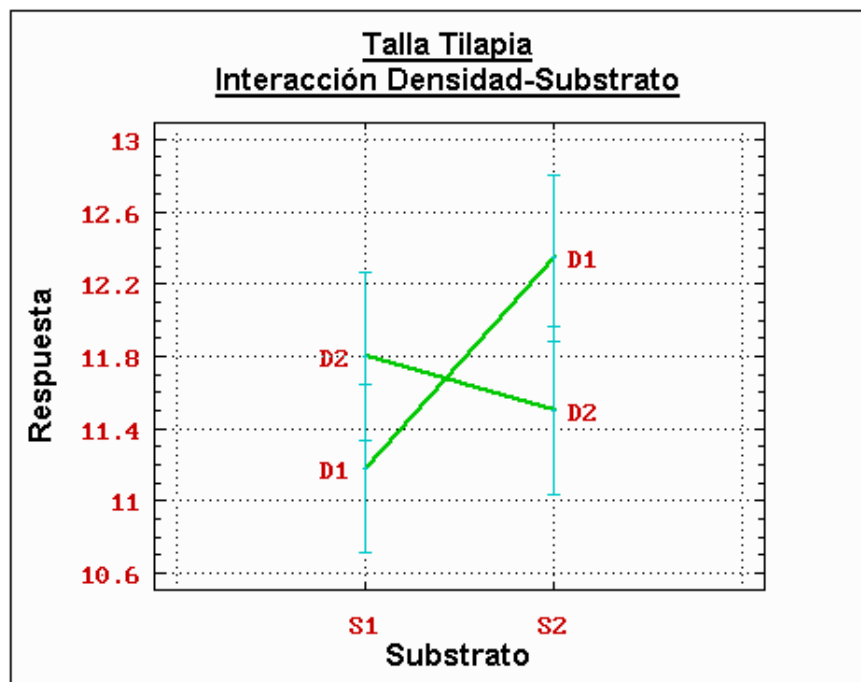


Fig. 73.- Interacción de los factores densidad-substrato para la talla de la tilapia.

La prueba de Duncan mostró diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre el tratamiento T2 respecto a T1 y T4. Los tratamientos T2 y T3 no fueron estadísticamente diferentes. Tabla:11; Fig. 27.

Tabla 37. Análisis de media en talla por tratamiento para la tilapia.

Tratamiento	Talla $\pm$ D.E. (*)	C.V.
<b>T1 (D1S1)</b>	11,18 $\pm$ 1,02 (a)	9,12
<b>T2 (D1S2)</b>	12,34 $\pm$ 1,06 (b)	8,55
<b>T3 (D2S1)</b>	11,80 $\pm$ 1,26 (ab)	10,65
<b>T4 (D2S2)</b>	11,50 $\pm$ 1,68 (a)	14,62

\* letras diferentes denotan diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

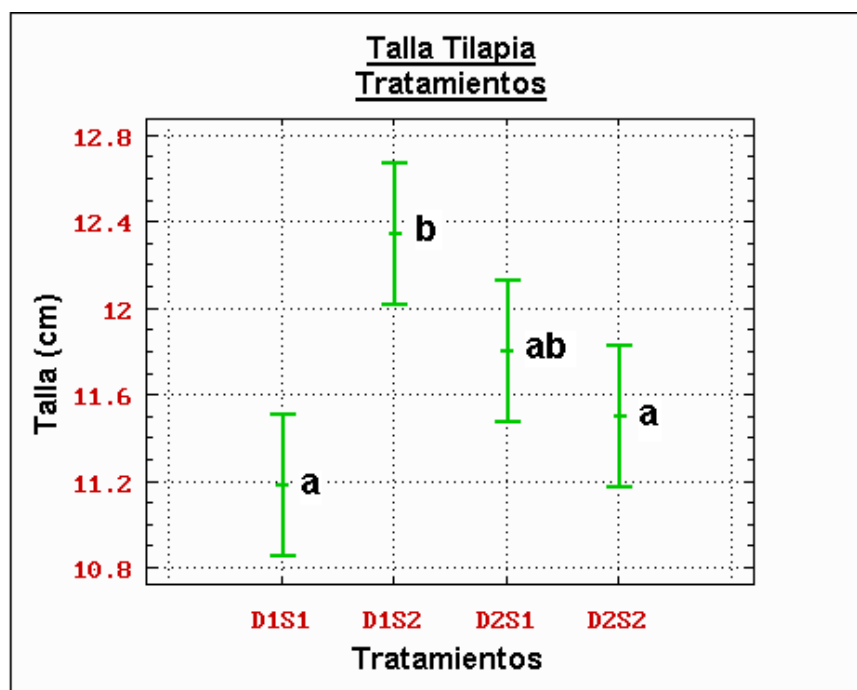


Fig. 74.- Talla promedio de la tilapia por tratamiento.

Los resultados del análisis de regresión logarítmica para el crecimiento en talla de la tilapia se presentan en la Tabla: 12; Fig. 28, 29, 30 y 31.

Tabla 38. Análisis de regresión de la talla por tratamiento para la tilapia.

Tratamiento	Ecuación de la Regresión	R <sup>2</sup>	Tasa de crecimiento cm biometría <sup>-1</sup>
<b>T1 (D1S1)</b>	$Y = 3,6115 \ln(x) + 3,1085$	0,9895	3,6115
<b>T2 (D1S2)</b>	$Y = 3,9630 \ln(x) + 2,9547$	0,9798	3,9630
<b>T3 (D2S1)</b>	$Y = 3,8402 \ln(x) + 2,9033$	0,9756	3,8402
<b>T4 (D2S2)</b>	$Y = 3,7338 \ln(x) + 3,0786$	0,9931	3,7338

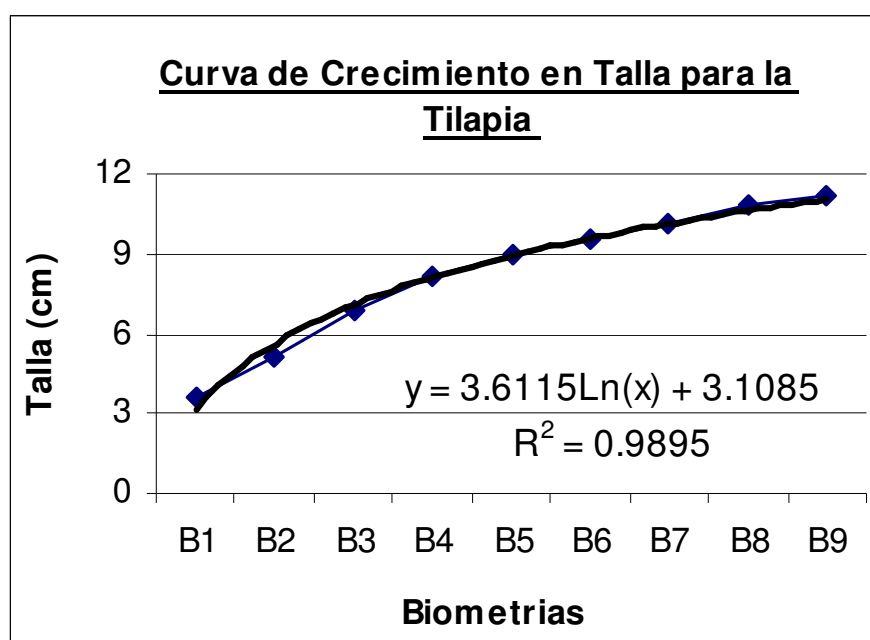


Fig. 75.- Curva de regresión para la talla de la tilapia – tratamiento T1

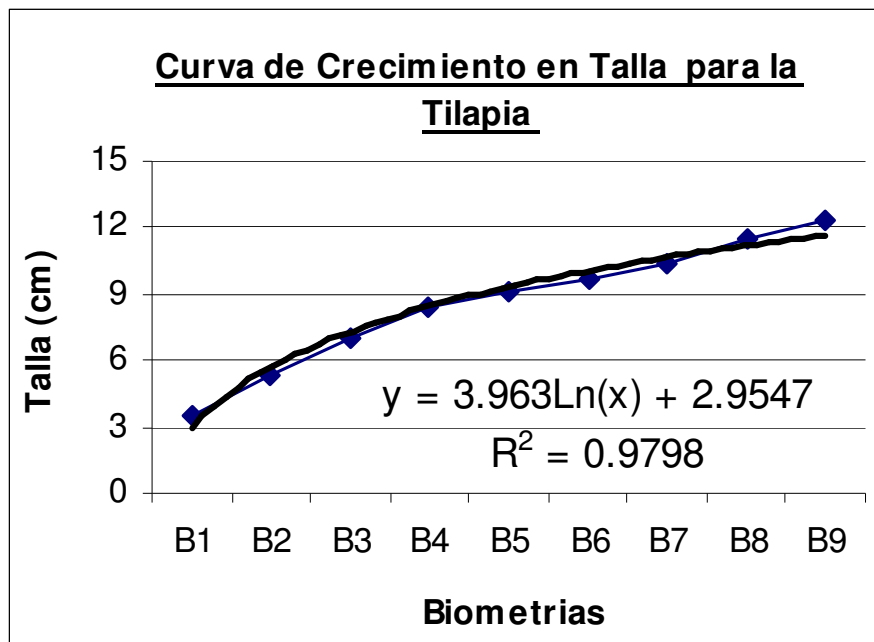


Fig. 76.- Curva de regresión para la talla de la tilapia – tratamiento T2

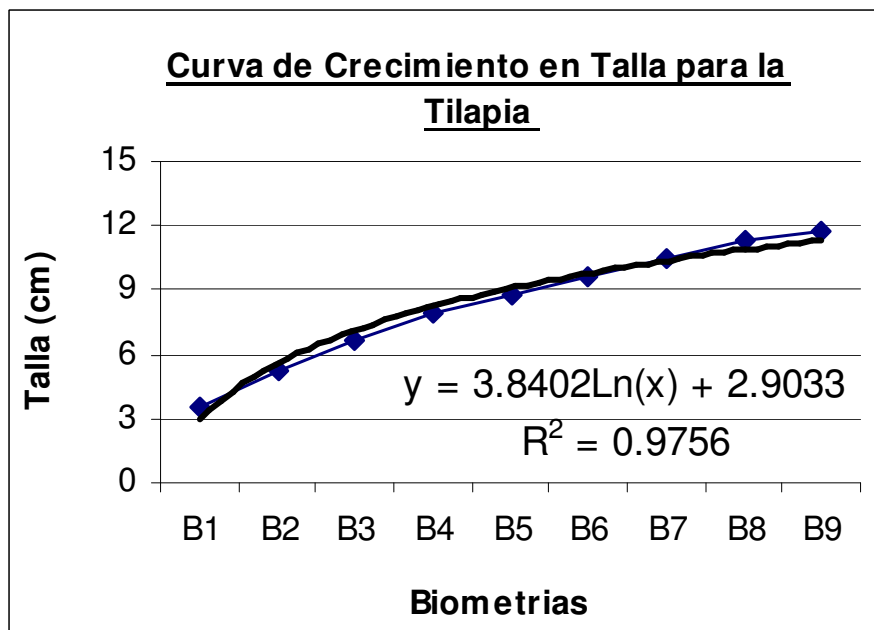


Fig. 77.- Curva de regresión para la talla de la tilapia – tratamiento T3

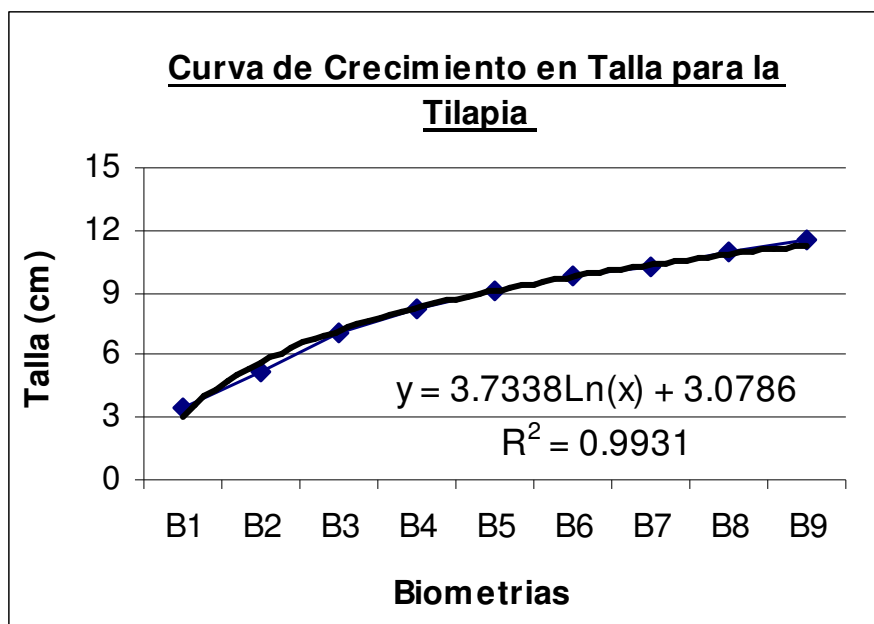


Fig. 78.- Curva de regresión para la talla de la tilapia – tratamiento T4

### B. Peso

Todos los camarones sembrados al inicio del experimento fueron analizados estadísticamente no encontrando diferencia estadísticamente significativa entre ellos. Se sembraron los juveniles de tilapia con un peso promedio de  $0,76 \text{ g} \pm 0,19$  terminando el experimento con un peso promedio de  $27,61 \text{ g} \pm 9,64$  (Fig. 32).

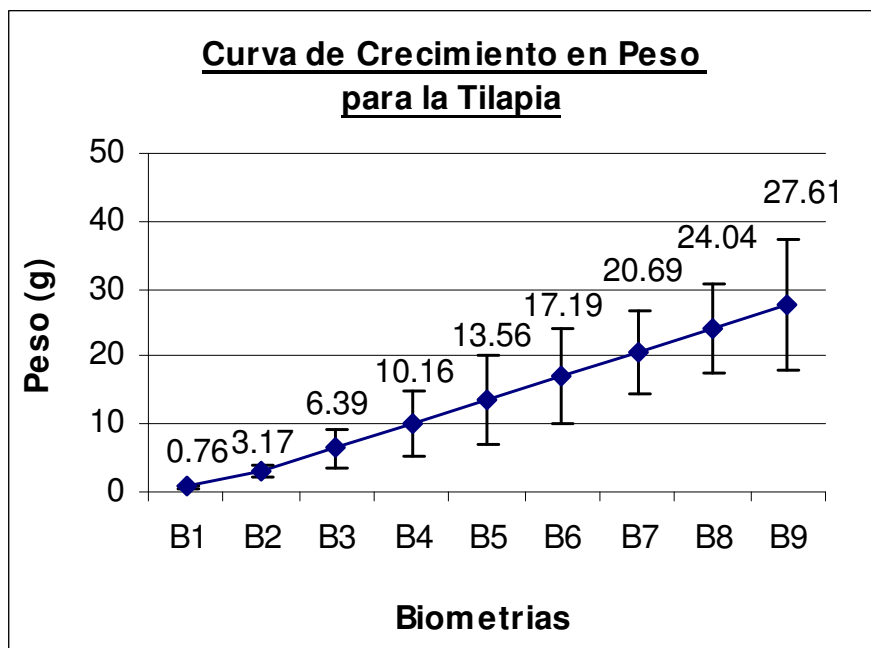


Fig. 79.- Peso promedio de la Tilapia a lo largo del cultivo.

El análisis de varianza para el peso mostró diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) para el factor sustrato al final del cultivo, el factor densidad no mostró diferencia. La interacción de estos factores mostró diferencia estadísticamente significativa, (Cuadro 7).

Los resultados de la prueba de Duncan para el análisis de media por Factor mostraron diferencia estadísticamente significativa entre los niveles del factor sustrato. Tabla: 13; Fig. 33, 34 y 35, (Cuadro 8 y 9).

Tabla 39. Análisis de media en peso por factor para la tilapia.

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>Pesos <math>\pm</math> D.E. (*)</b>	<b>C.V.</b>
<b>Densidad</b>	D1	27,33 $\pm$ 8,79 (a)	32,17
	D2	27,88 $\pm$ 10,49 (a)	37,61
<b>Sustrato</b>	S1	25,15 $\pm$ 7,85 (a)	32,22
	S2	30,06 $\pm$ 10,65 (b)	35,44

\* letras diferentes denotan diferencia significativa ( $P < 0,05$ ).

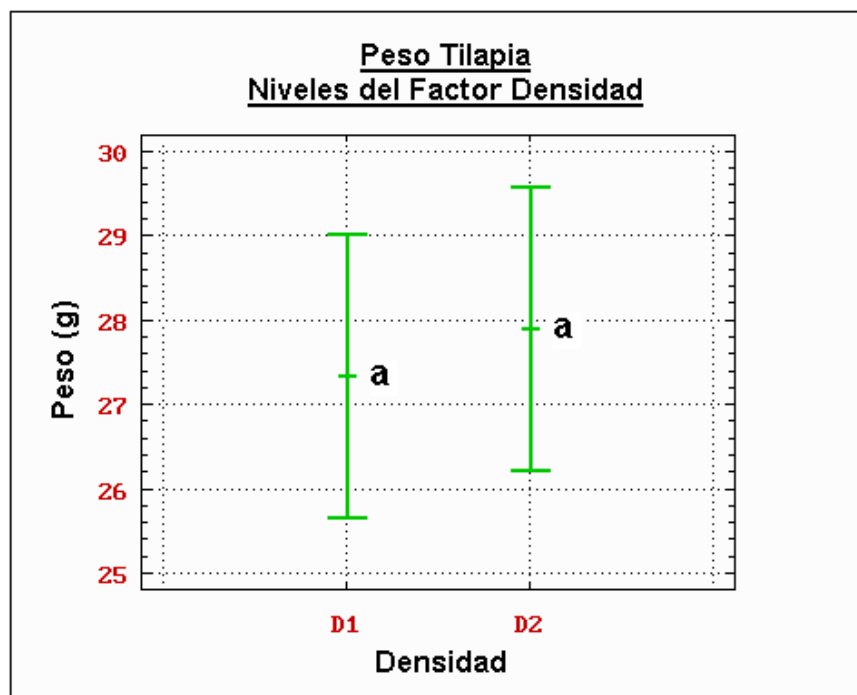


Fig. 80.- Peso promedio de la tilapia por factor densidad al final del cultivo.

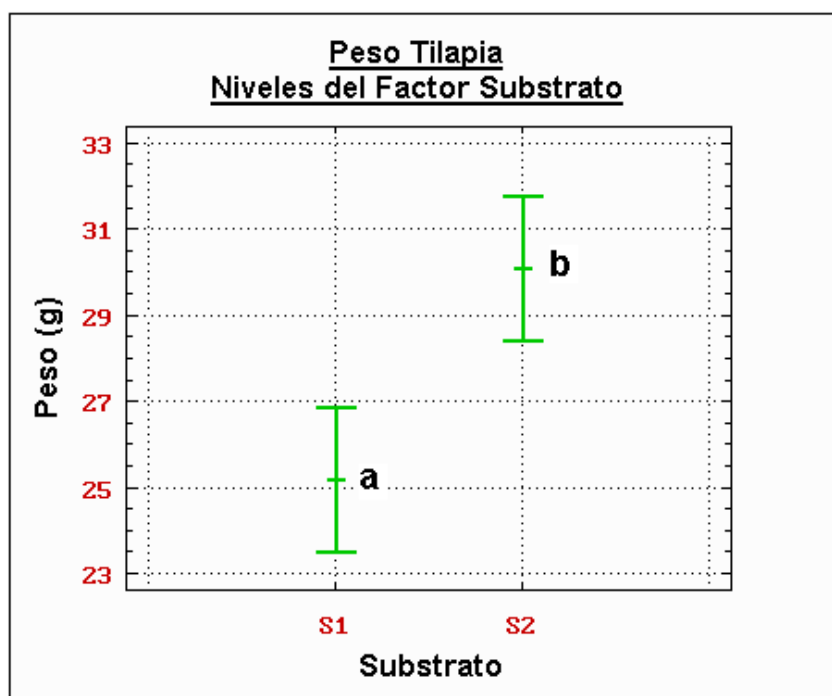


Fig. 81.- Peso promedio de la tilapia por factor substrato al final del cultivo.



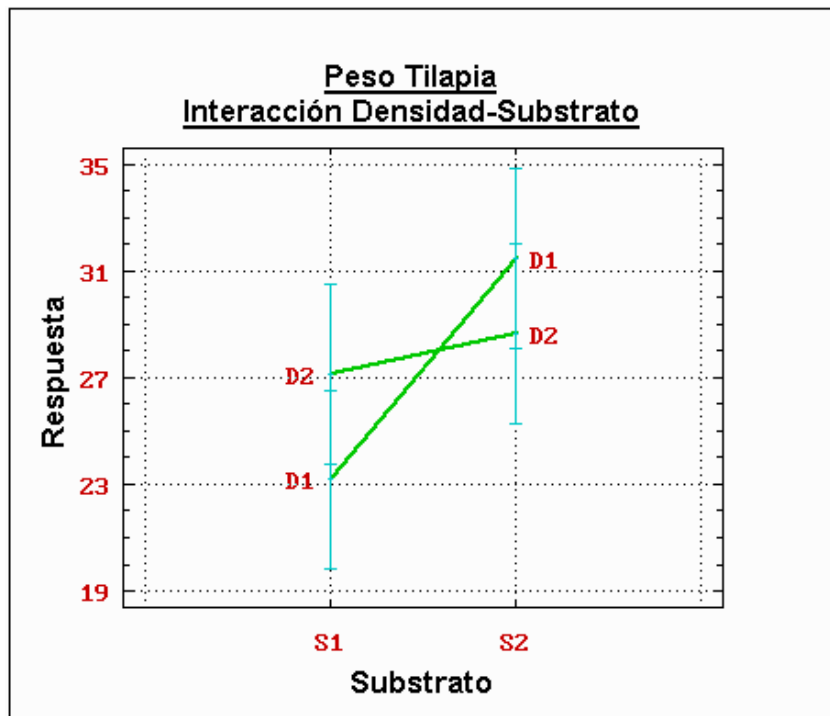


Fig. 82.- Interacción de los factores densidad-substrato para el peso de la tilapia.

La prueba de Duncan mostró diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,05$ ) entre el tratamiento T1 respecto a los tratamientos T2 y T4. Los tratamientos T2, T3 y T4 no fueron estadísticamente diferentes. Tabla: 14; Fig. 36.

Tabla 40. Análisis de media en peso por tratamiento para la tilapia.

Tratamiento	Pesos $\pm$ D.E. (*)	C.V.
T1 (D1S1)	23,18 $\pm$ 6,25 (a)	26,96
T2 (D1S2)	31,49 $\pm$ 9,08 (b)	28,85
T3 (D2S1)	27,12 $\pm$ 8,85 (ab)	32,63
T4 (D2S2)	28,64 $\pm$ 12,01 (a)	41,93

\*letras diferentes denotan diferencia significativa ( $p < 0,05$ )

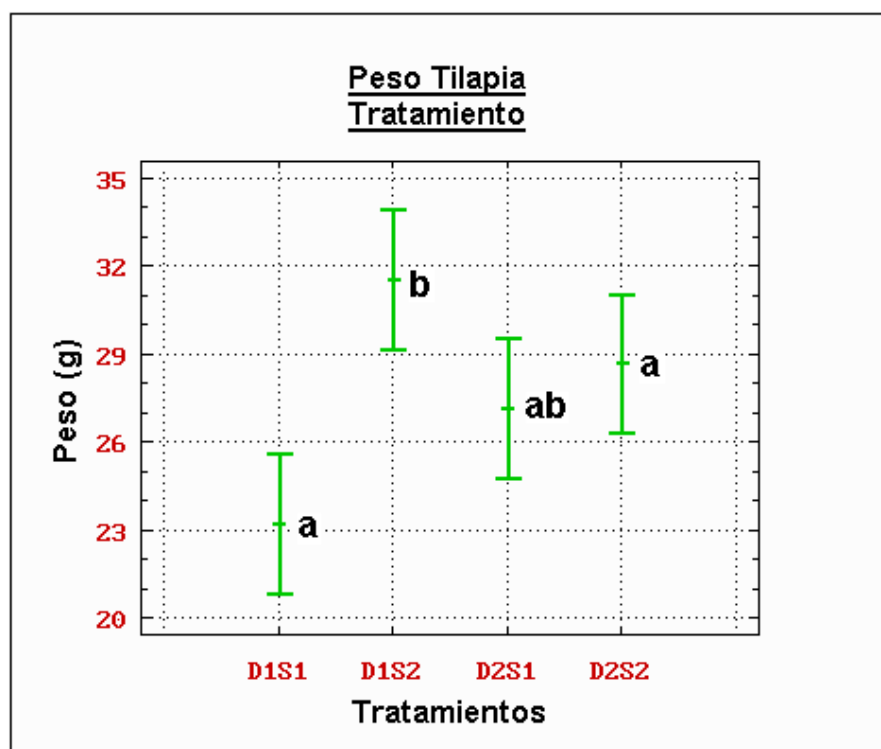


Fig. 83.- Peso promedio de la tilapia por tratamiento.

Los resultados del análisis de regresión para el crecimiento en peso de la tilapia se presentan en la Tabla: 15; Fig. 37, 38, 93 y 40.

Tabla 41. Análisis de regresión del peso por tratamiento para la tilapia.

Tratamiento	Ecuación de la Regresión	R <sup>2</sup>	Tasa de crecimiento g Biometría <sup>-1</sup>
<b>T1 (D1S1)</b>	$Y = 2,9389 x - 2,1426$	0,9936	2,9389
<b>T2 (D1S2)</b>	$Y = 3,8475 x - 4,1621$	0,9958	3,8475
<b>T3 (D2S1)</b>	$Y = 3,4124 x - 3,8256$	0,9939	3,4124
<b>T4 (D2S2)</b>	$Y = 3,5107 x - 3,4967$	0,9984	3,5107

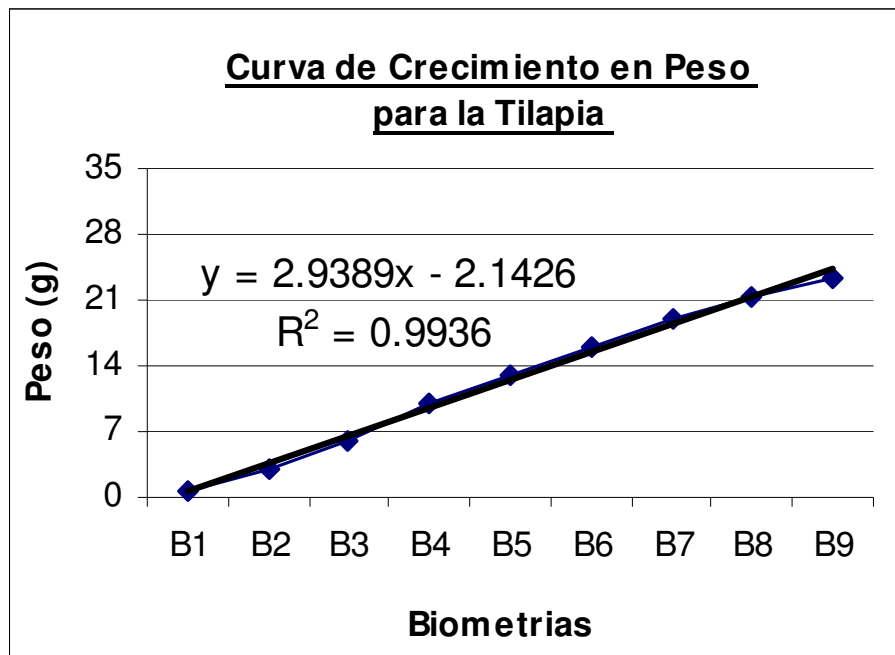


Fig. 84.- Curva de regresión para el peso de la tilapia – tratamiento T1.

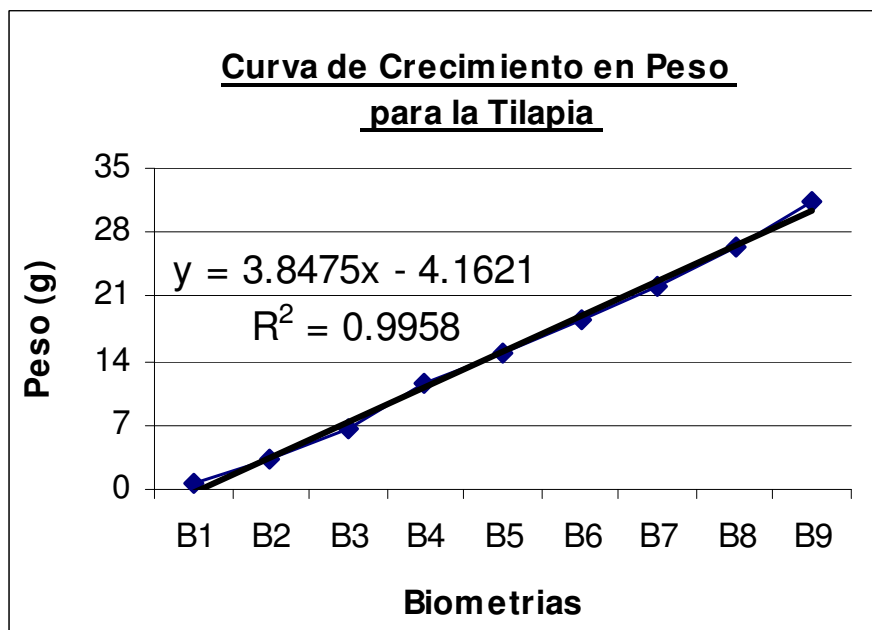


Fig. 85.- Curva de regresión para el peso de la tilapia – tratamiento T2.

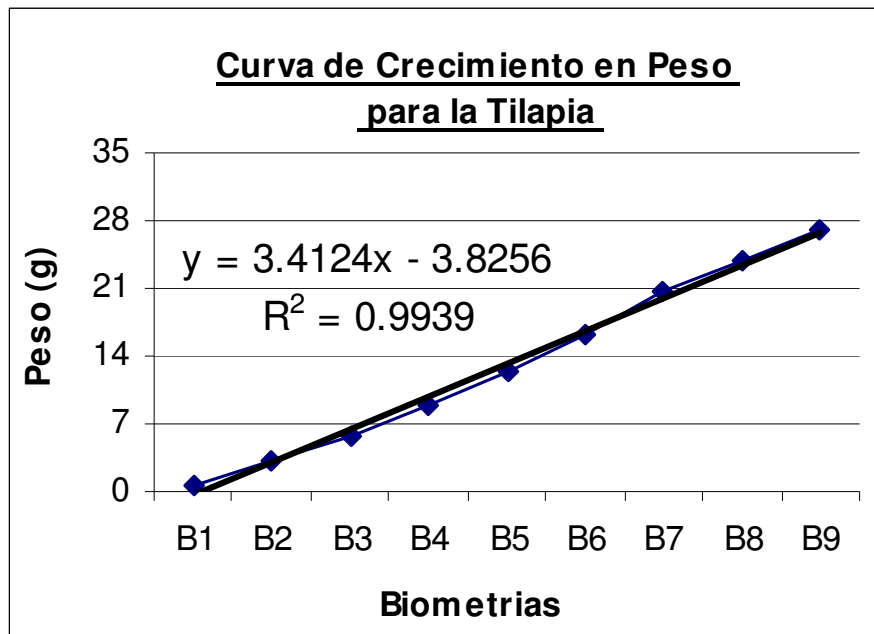


Fig. 86.- Curva de regresión para el peso de la tilapia – tratamiento T3.

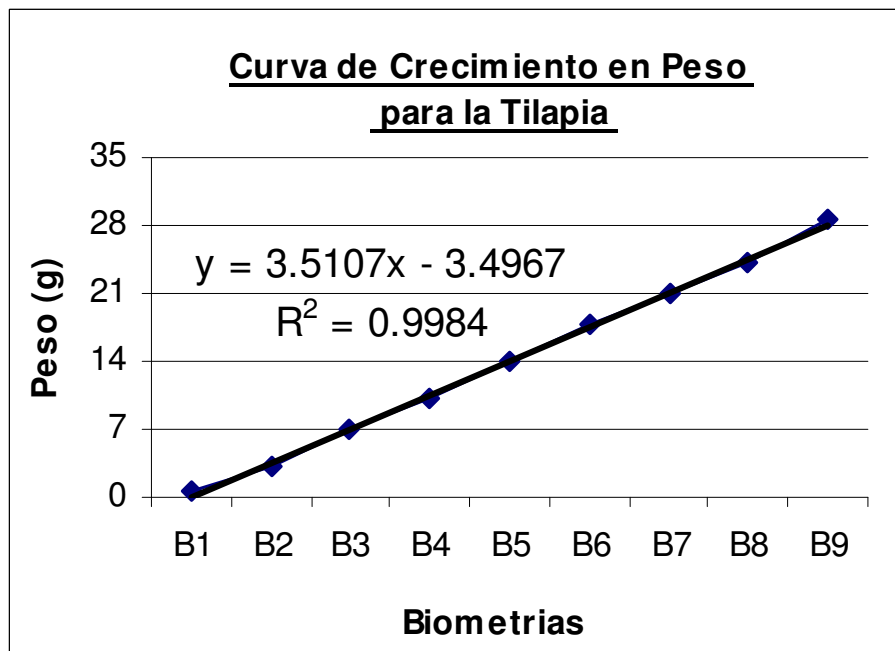


Fig. 87.- Curva de regresión para el peso de la tilapia – tratamiento T4.

### 5.5. Parámetro de supervivencia de la tilapia

El porcentaje de supervivencia para la tilapia a lo largo del cultivo fue de 99.5%. (Fig. 41).

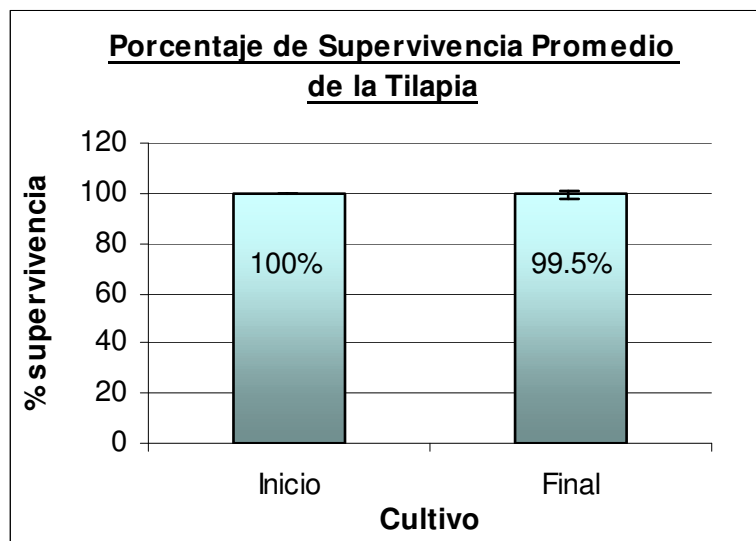


Fig. 88.- Porcentaje de supervivencia promedio para la tilapia.

El análisis de varianza no mostró diferencia significativa ( $p>0,05$ ) entre los niveles del factor substrato, densidad y su interacción, (Cuadro 13).

El análisis de medias no mostró diferencia estadísticamente significativa entre los niveles del factor densidad substrato. (Tabla: 16; Fig. 42; Cuadro 14 y 15).

Tabla 42. Análisis de media de la supervivencia por factor para la tilapia.

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>% Supervivencia <math>\pm</math> D.E. (*)</b>	<b>C.V.</b>
<b>Densidad</b>	D1	98,96 $\pm$ 2,25 (a)	2,58
	D2	100,00 $\pm$ 0,00 (a)	0,00
<b>Substrato</b>	S1	98,96 $\pm$ 2,25 (a)	2,58
	S2	100,00 $\pm$ 0,00 (a)	0,00

\* letras diferentes denotan diferencia significativa ( $P<0,05$ ).

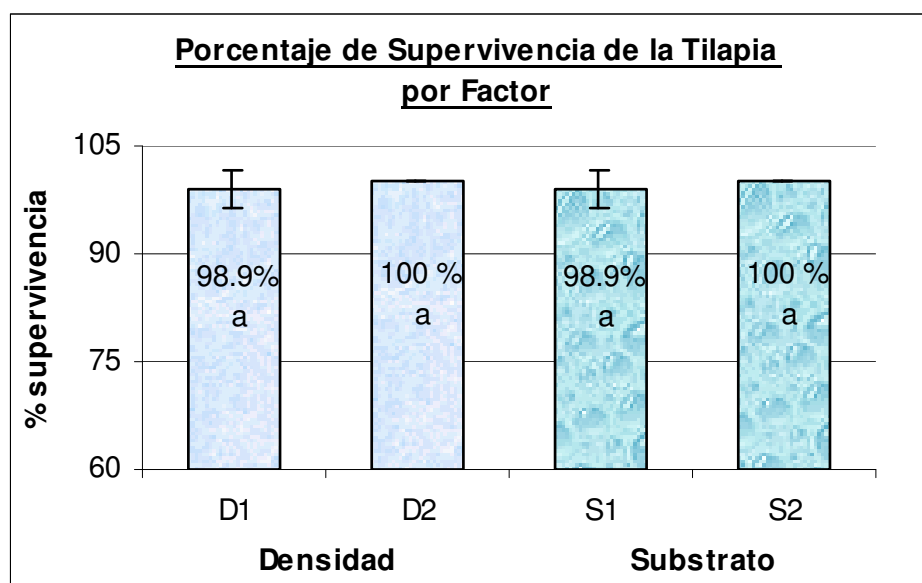


Fig. 89.- Porcentajes de supervivencia por factor para la tilapia.

Los resultados de la prueba de Duncan para el análisis de media por Tratamiento se presentan en la Tabla: 17; Fig. 43.

Tabla 43. Análisis de media de la supervivencia por tratamiento para la tilapia.

Tratamiento	% Supervivencia ± D.E.	(*)	C.V.
<b>T1 (D1S1)</b>	97,92 ± 3,61	(a)	3,69
<b>T2 (D1S2)</b>	100,00 ± 0,00	(a)	0,00
<b>T3 (D2S1)</b>	100,00 ± 0,00	(a)	0,00
<b>T4 (D2S2)</b>	100,00 ± 0,00	(a)	0,00

\* letras diferentes denotan diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

La prueba de Duncan no mostró diferencia significativa ( $p > 0,05$ ) en cuanto a la supervivencia en ninguno de los tratamientos.

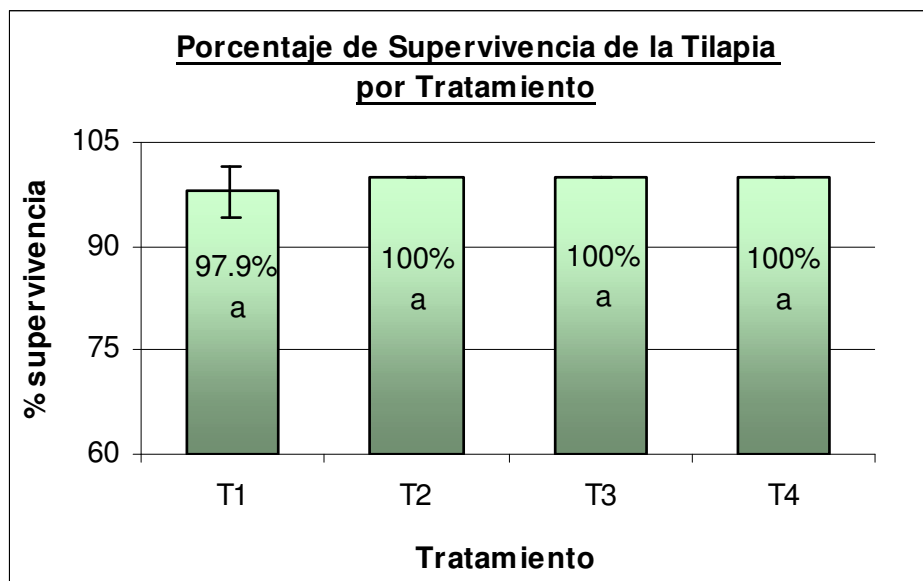


Fig. 90.- Porcentajes de supervivencia por tratamiento para la tilapia.

## 5.6. Biomasa de las especies de cultivo

### A. Camarón

La biomasa promedio fue de 511,343 kg Ha<sup>-1</sup> para el camarón gigante de malasia, considerando una supervivencia promedio de 90,32%.

El análisis de varianza Multifactor entre las variables experimentales y su interacción, mostró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) para la variable densidad, sustrato no presentó diferencia significativa ( $p > 0,05$ ). La interacción de los factores no mostró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ), (Cuadro 16).

Los resultados de la prueba de Duncan, para el análisis de media por Factor de la Densidad y Sustrato, se presentan en la Tabla: 18; Fig. 44; (Cuadro 17 y 18).

Tabla 44. Análisis de media de la biomasa por factor para el camarón.

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>Biomasa kg ha<sup>-1</sup> ± D.E. (*)</b>	<b>C.V.</b>
<b>Densidad</b>	D1	404,00 ± 66,2 (a)	16,4
	D2	618,69 ± 77,1 (b)	12,5
<b>Substrato</b>	S1	538,58 ± 10,7 (a)	39,1
	S2	484,11 ± 74,2 (a)	15,3

\* letras diferentes denotan diferencia significativa (p<0,05)

.En la prueba de Duncan, la variable densidad presentó diferencia significativa (p<0,05), donde la densidad D2 obtuvo una mayor biomasa respecto a D1; la variable substratos no presentó diferencia significativa (P>0,05).

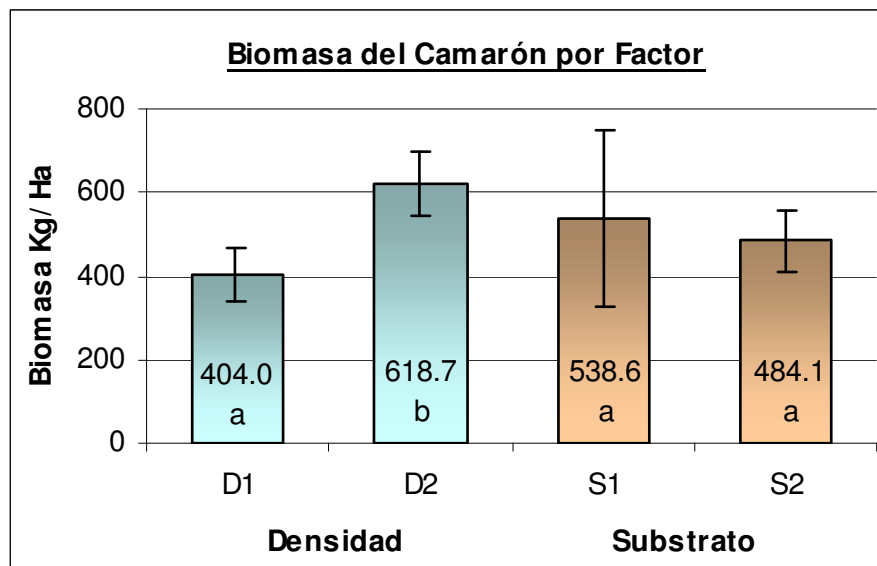


Fig. 91.- Biomasa del camarón por factor.

Los resultados de la prueba de Duncan para el análisis de media por Tratamiento se presentan en la Tabla: 19; Fig. 45.



Tabla 45. Análisis de media de la biomasa por tratamiento para el camarón.

Tratamiento	Biomasa kg ha <sup>-1</sup> ± D.E. (*)	C.V.
<b>T1 (D1S1)</b>	387,08 ± 95,6 (a)	24,7
<b>T2 (D1S2)</b>	420,91 ± 30,6 (a)	7,3
<b>T3 (D2S1)</b>	690,08 ± 181,6 (b)	26,3
<b>T4 (D2S2)</b>	547,30 ± 28,9 (ab)	5,3

\* letras diferentes denotan diferencia significativa (p<0,05).

En la prueba de Duncan el tratamiento T3 presentaron una biomasa significativamente mayor (p<0,05) respecto a los tratamientos T2 y T1; el tratamiento T3 y T4 no fueron significativamente diferentes (p>0,05) pero el tratamiento T3 obtuvo una mayor Biomasa. Los tratamientos T1, T2 y T4 no fueron significativamente diferentes (p>0,05).

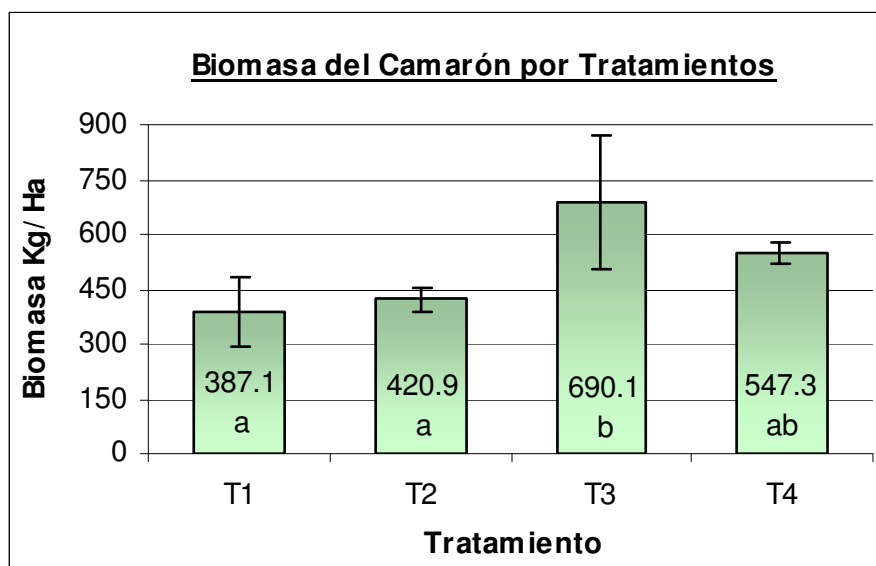


Fig. 92.- Biomasa del camarón por tratamiento.

## B. Tilapia

La biomasa promedio fue de 549,56 kg ha<sup>-1</sup> para la tilapia, considerando una supervivencia promedio de 99,5%.

El análisis de varianza para la biomasa mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para el factor sustrato, el factor densidad y la interacción de los factores no mostraron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ), (Cuadro 19).

Los resultados de la prueba de Duncan para el análisis de media por factor se presentan en la Tabla: 20; Fig. 46, (Cuadro 20 y 21).

Tabla 46. Análisis de media de la biomasa por factor para la tilapia.

<b>Factor</b>	<b>Niveles</b>	<b>Biomasa kg ha<sup>-1</sup> ± D.E.</b>	<b>(*)</b>	<b>C.V.</b>
<b>Densidad</b>	D1	541,6 ± 100,2	(a)	18,5
	D2	557,6 ± 109,6	(a)	19,6
<b>Substrato</b>	S1	497,9 ± 85,4	(a)	17,2
	S2	601,2 ± 50,1	(b)	8,3

\* letras diferentes denotan diferencia significativa ( $p < 0.05$ ).

La prueba de Duncan mostró diferencia significativa ( $P > 0.05$ ) para los niveles del factor sustrato, donde S2 obtuvo una media significativamente mayor respecto al sustrato S1; los niveles del factor densidad no mostraron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ).

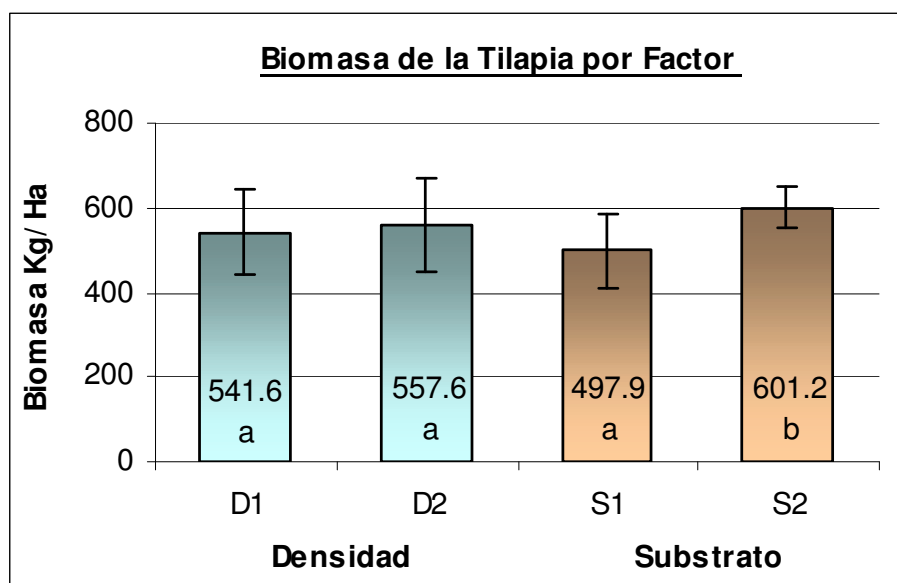


Fig. 93.- Biomasa de la tilapia por factor.

Los resultados de la prueba de Duncan para el análisis de media por Tratamiento se presentan en la Tabla: 21; Fig. 47.

Tabla 47. Análisis de media de la biomasa por tratamiento para la tilapia.

Tratamiento	Biomasa ± D.E.	(*)	C.V.
T1 (D1S1)	453,4 ± 38,2	(a)	8,4
T2 (D1S2)	629,7 ± 18,3	(b)	2,9
T3 (D2S1)	542,4 ± 104,2	(ab)	19,2
T4 (D2S2)	572,7 ± 59,3	(ab)	10,3

\* letras diferentes denotan diferencia significativa ( $p < 0,05$ ).

La prueba de Duncan mostró diferencia significativa ( $p < 0,05$ ) entre los tratamientos T1 y T2 donde el tratamiento T2 obtuvo la mayor biomasa.

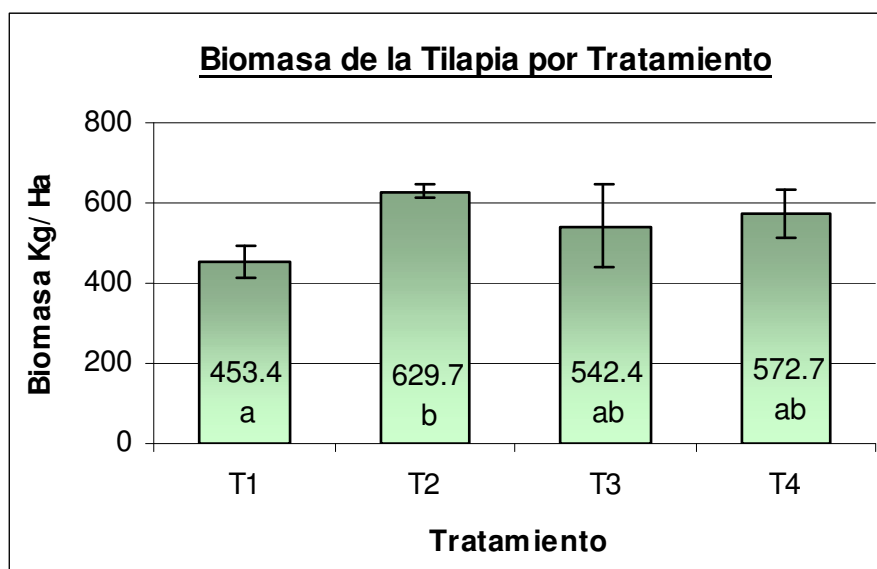


Fig. 94.- Biomasa de la tilapia por tratamiento.

## 5.7. COSTOS DE PRODUCCIÓN Y PROYECCIÓN

### A. COSTOS DE PRODUCCIÓN PARA EL POLICULTIVO:

Los egresos e ingresos del policultivo camarón tilapia se presentan en la Tabla: 22.

Tabla 48. Balance general del policultivo.

Balance General	Total (S/.)
Egresos	- 7 550,90
Ingresos	+ 9 509,91
Gran Total (S/.)	+ 1 959,01

Se obtuvo una ganancia de 1959,01 soles en 80 días de cultivo; es decir, una ganancia promedio de 700 soles mensuales.

## B. COSTOS DE PRODUCCIÓN POR TRATAMIENTO:

Los costos de producción por Tratamiento son presentados en la Tabla: 23.

Tabla 49. Balance general por tratamiento.

Balance	Tratamiento			
	T1 (D1S1)	T2 (D1S2)	T3 (D2S1)	T4 (D2S2)
Ingresos (S/.)	7 477,84	9 244,69	11 214,58	10 053,95
Egresos (S/.)	6 429,79	6 496,06	8 701,36	8 576,14
<b>TOTAL (S/.)</b>	<b>1 048,05</b>	<b>2 748,63</b>	<b>2 513,22</b>	<b>1 477,81</b>

El análisis de producción por Tratamientos indicó que los tratamientos T2 y T3 obtuvieron mejores ganancias respecto a los Tratamientos T1 y T4.

## C. Proyección

Utilizando las ecuaciones de la regresión halladas en el análisis de regresión para el camarón y tilapia, se determinó el peso promedio, biomasa y los costos de producción para estas especies a los 9 meses de cultivo. (Tabla: 24, 25 y 26).

Tabla 50. Proyección de los pesos promedios por tratamiento.

Tratamiento	Camarón	Tilapia
	Peso Promedio (g)	Peso Promedio (g)
T1 (D1S1)	40,6	80,1
T2 (D1S2)	42,4	103,6
T3 (D2S1)	47,7	91,7
T4 (D2S2)	48,4	94,8
<b>Promedio</b>	<b>44,8</b>	<b>92,6</b>

Tabla 51. Balance comparativo de costos de producción.

	CAMARÓN				TILAPIA			
	Densidad (Ind. m <sup>-2</sup> )	Producción kg ha <sup>-1</sup>	Costo Venta kg <sup>-1</sup>	Costo de Venta ha <sup>-1</sup>	Densidad (Ind. m <sup>-2</sup> )	Producción kg ha <sup>-1</sup>	Costo Venta kg <sup>-1</sup>	Costo de Venta ha <sup>-1</sup>
<b>Normal</b>	7	2 508,8	10	25 088,0	1	926,0	8	7408,0
<b>Experimento</b>	10	3 584,0	10	35 840,0	2	1 852,0	8	14 816,0
<b>Diferencia</b>	3	1 075,2	0	10 752,0	1	926,0	0	7408,0

\*Asumiendo 20% de mortalidad.

Tabla 52. Balance del policultivo camarón-tilapia.

	<b>Biomasa Total (kg ha<sup>-1</sup>)</b>	<b>Producción (Soles ha<sup>-1</sup>)</b>
<b>Normal</b>	3 434,8	32 496
<b>Experimento</b>	5 436,0	50 656

## 6. DISCUSIÓN

### 6.1. Análisis fisicoquímico de las aguas

Existe definitivamente una relación entre la calidad del agua, la producción y la productividad para una operación de acuicultura Boyd et al. (citado por Orbegoso, 2000); por lo que es necesario controlar y manejar los parámetros fisicoquímicos adecuadamente para lograr los mejores resultados en los cultivos Orbegoso (2000). Stickney (1998) reportó que muchas investigaciones consideran la calidad del agua como un factor principal en acuicultura, por lo que las mediciones y controles continuos deberán ser necesarios para obtener buenos resultados.

Los parámetros abióticos juegan un papel fundamental que generalmente se manifiestan en el desarrollo de los diferentes organismos, entre estos factores la temperatura es considerada como una de las más importantes Arango y Von Pral. (1988). En el presente experimento la temperatura ambiental fluctuó entre 17 y 23°C con un promedio de  $19.2^{\circ}\text{C} \pm 2.0$ , este valor es menor a los encontrados en el agua, donde la temperatura fluctuó entre 21 a 28°C con una temperatura promedio de  $24^{\circ}\text{C} \pm 1.9$ ; estos valores se encuentran dentro del rango de 18 y 35°C recomendado por New (1980) y de 18 y 34°C recomendado por New y Singholka (1984); estos investigadores mencionan también que la temperatura es un factor muy importante para el crecimiento y supervivencia de los camarones en cultivo. Landkamer (1994) reporta rangos menos amplios desde 26 a 30°C en trabajos realizados en *Macrobrachium rosenbergii*. Ra'anan y Cohen (1983) reportan que *Macrobrachium rosenbergii* requiere un rango de temperatura entre 25 y 30 °C para un óptimo crecimiento y desarrollo.

Sandifer y Smith, citado por Tidwell et al. (1996), reportan rangos de temperatura entre 26 y 31°C y New (1990) reporta rangos óptimos de 29 a 31°C. Tidwell et al. (1996) indica que muchas de esta información proviene de investigaciones realizadas en estadios juveniles y no de cultivos de engorde, por ejemplo D'Abramo et al. (1989) reporta tasas de producción de 5,5 a 5,9 kg Ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> a 29°C mientras que Tidwell et al. (1994) reporta tasas de producción de 11,5 kg Ha<sup>-1</sup> día<sup>-1</sup> a 25°C. Ambos estudios fueron conducidos con similares condiciones de densidad, pesos de siembra y dietas.

Orbegoso (2000) reporta que los límites extremos promedio para la crianza del camarón gigante de malasia económicamente viable están entre 25 a 30 °C, por ello recomienda considerar las variaciones de temperatura a lo largo del año para tener un mejor control y tomar precauciones contra posibles variaciones.

Tidwell et al. (2002, 2005), en el manual de producción de camarones del KSU (KSU Prawn Production Manual), reporta que el rango de temperatura adecuada para el cultivo de camarones (*Macrobrachium rosenbergii*) se encuentra entre 25 y 32 °C (77 y 90 °F); este autor reporta también que temperaturas un poco menores de 25 °C (22, 23, 24 °C por ejemplo) representa una ventaja, ya que a bajas temperaturas la maduración sexual de los camarones es retrasada y mucha más energía es usada en el crecimiento en vez del desarrollo sexual. El mismo autor reporta que a temperaturas menores de 19 °C (66 °F) la supervivencia es disminuida y debajo de 13 °C (55 °F) los camarones comienzan a morir rápidamente. En un trabajo realizado por Tidwell et al. (2003), con juveniles de *Macrobrachium rosenbergii*, reportó una temperatura promedio de 25.6 ± 0.1 °C, datos similares fueron encontrados en este trabajo.

La calidad del agua influye sobre la tasa de crecimiento de los camarones, el oxígeno es particularmente importante y un buen programa de monitoreo para oxígeno es necesario D'Abramo (2003); este autor recomienda que el oxígeno disuelto debería estar mantenido siempre sobre los 3 mg L<sup>-1</sup>; Webster y Tidwell (1995) recomiendan concentraciones mínimas de 4 mg L<sup>-1</sup>; en el presente estudio el oxígeno fluctuó entre los 7 y 12 mg L<sup>-1</sup> con un promedio de 9 ± 1.1 mg L<sup>-1</sup> este valor es superior al mínimo valor recomendado por estos autores. Tidwell et al. 1998 y 2003 reportó valores promedios para el oxígeno de 7.5 y 7.7 ± 0.1 mg L<sup>-1</sup> respectivamente en cultivos con juveniles de camarón, estos valores también son menores a los reportados en el presente estudio. Estos valores de oxígeno pudieron mantenerse altos debido al efecto de las tilapias en el policultivo, como reporta Milstein (1997) las tilapias al filtrar activamente las algas, evitando que estas proliferen en el estanque y de esta manera disminuyan el consumo de oxígeno especialmente en las noches donde los problemas de depleción de oxígeno (anoxia) son comunes.



Según el Manual de producción de camarones del KSU los estanques podrían al mismo tiempo tener niveles de pH altos suficientes como para estresar (9.0) o matar (encima 9.5) a los camarones, esto es causado principalmente por el metabolismo de plantas microscópicas (fitoplancton) en el estanque Tidwell et al. (2002). El valor promedio de pH obtenido en el presente estudio fue de  $8.5 \pm 0.1$ , este valor se encuentra debajo de 9.0, valor que no debe ser sobrepasado según recomendaciones de Tidwell (2002); este mismo autor en el 2003 trabajando con juveniles de camarón encontró valores de  $9.0 \pm 0.0$  valores que serian considerados critico. Nuestro resultado también concuerda con lo recomendado por New (1980) y por New y Singholka (1984) quienes reportaron que los valores óptimos de pH deberían encontrarse entre 7.0 y 8.5. Orbegoso (2000) recomienda rangos óptimos entre 6.5 y 7.5.

D'Abramo (2003) reporta que los camarones han sido exitosamente cultivados es estanques con pH desde 6.0 a 10.0, pero este autor recomienda mantener los cultivos en un rango de 6.5 a 9.5; se debe tener en cuenta que altos valores de pH ocurren generalmente en aguas con una alcalinidad de 0.5 a 50 mg L<sup>-1</sup> lo que usualmente es estimulado por la existencia de un bloom algal, por lo tanto un control de la producción algal es necesario. Tidwell et al. (1998) reporta valores similares para el pH (8.8) en cultivos con y sin adición de sustrato, para el camarón gigante de Malasia.

Landkamer (1994), Tidwell et al. (2002) (KSU Prawn Production Manual) reportaron que el amonio es producido principalmente por el alimento no consumido y por las excretas de los animales en cultivo. Tidwell et al. 2002 reporta que para obtener buenos crecimientos el amoniaco no debería sobrepasar los 0.3 ppm y el amonio total no debería exceder de 1 ppm a un pH de 9.0 ó de 2 ppm a un pH de 8.0. Estos valores concuerdan con los obtenidos en el presente estudio, los cuales fueron de 0.076 mg L<sup>-1</sup> para el amoniaco y de 0.61 mg L<sup>-1</sup> para el amonio. Valores superiores a los recomendados reducen el crecimiento y podrían incrementar los niveles de mortalidad, de igual forma D'Abramo (2003) recomienda que los niveles de amonio no ionizado (amoniaco) no deben ser superiores a 0.1 mg L<sup>-1</sup>, teniendo un efecto negativo en el crecimiento de los camarones. Tidwell et al. (2003) en un cultivo con juveniles de camarón reporta valores para el amonio de  $0.92 \pm 0.04$  mg L<sup>-1</sup> y para el amonio no ionizado de  $0.35 \pm 0.0$  mg L<sup>-1</sup> estos valores son superiores a los encontrados en el

presente estudio. Hines y Watts (1995) también recomiendan niveles menores de 1 mg L<sup>-1</sup> para la tilapia.

## **6.2. Peso camarón:**

El peso final de los camarones en cultivo fue de 6.6 g, obteniendo un incremento de 4293.33%; es decir, los camarones crecieron a razón de 0.8 g día<sup>-1</sup> aproximadamente.

Este incremento puede inferirse a ciertos factores que influyeron positivamente en el crecimiento del camarón. Uno de esos factores pudo ser el alimento presente en el estanque de cultivo, este alimento provino del alimento suministrado diariamente en los estanques, la productividad natural, el perifiton producido por la adición del sustrato y el detritus en el fondo del estanque, el cual era incrementado diariamente por las heces de las tilapias.

Muchos autores concuerdan que el alimento es uno de los factores más importantes para el crecimiento de las diferentes especies en cultivo, por ejemplo New y Singholka, 1984 reportan que es evidente que la mayor cantidad de alimento incrementará el crecimiento de los camarones en cultivo y por el contrario una alimentación insuficiente producirá hambre, canibalismo y escaso crecimiento; Estos autores también reportan que considerando solo al alimento natural como fuente de alimento se puede alcanzar una producción de 200 a 300 kg ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup> y que para alcanzar mayores rendimientos es preciso recurrir a la alimentación suplementaria. Según Harpaz y Schmalbach (1986) la producción algal en los estanques de cultivo tiene un ventajoso efecto en el crecimiento de los camarones, aunque sus niveles deben ser controlados periódicamente porque puede afectar negativamente la calidad del agua. Según Jiménez y Balcázar (2003) al incrementar las densidades de cultivo la cantidad de alimento también se incrementa por lo que la dieta viva (algas, rotíferos, *Artemia sp*, entre otras especies) juega un rol importante en el crecimiento de las especies en cultivo.

Otro factor es el uso del Policultivo, el cual afecta positivamente el crecimiento de las diferentes especies cultivadas. Por ejemplo Burmester (2001b) reporta que la tilapia remueve los sedimentos del fondo del estanque y no permite que se lleve a cabo el ciclo completo de descomposición de la materia orgánica, reduciendo así la presencia de bacterias que afectan el crecimiento del langostino. Por otro lado el mismo autor

reporta que la tilapia también se come a los langostinos enfermos, moribundos o muertos evitando así que otros langostinos sanos se coman a los infectados, expandiendo de esta manera la enfermedad.

Milstein (1997) en un policultivo de tilapia con carpa, reporta que el efecto de la tilapia en el sistema de policultivo fue la reducción de la carga orgánica debido a que la tilapia consumía parte de las partículas resuspendidas por la carpa; además debido a que la tilapia filtraba activamente estimuló el crecimiento de algas y gracias a los procesos fotosintéticos permitieron mantener niveles óptimos de oxígeno y pH. Además la tilapia actúa como un controlador algal evitando un incremento excesivo de algas la cual reduciría la disponibilidad de oxígeno por la noche lo cual sería perjudicial para los camarones.

En el policultivo camarón-tilapia, la tilapia filtra activamente las algas, presentes en la columna del agua o sobre los sustratos, evitando una sobrepoblación algal y es un depredador del zooplancton (Wang et al, 1998b; Fitzsimmons, 2001) que al morir se acumulen en el fondo del estanque aumentando la carga orgánica y eutrofizando el estanque, lo que ocasionaría un medio anóxico, con alta concentración de materia en descomposición, un pH ácido y con altos niveles de amoníaco; además la tilapia puede comer camarones muertos o enfermos reduciendo aun mas el riesgo de eutrofización o propagación de enfermedades Burmester (2001a, 2001b). Por su parte el camarón remueve el fondo del estanque en busca de alimento, permitiendo una descomposición aeróbica no toxica, y consume las heces de las tilapias (Fitzsimmons, 2001) reduciendo aun más la carga orgánica en el fondo del estanque. Según Fitzsimmons (2001) los langostinos son usados en policultivo por su habilidad natural de vivir en ambientes con poco recambio de agua y en condiciones de alta concentración de bacterias las cuales se presentan en el fondo de los estanques por la acumulación de la materia orgánica. Quispe (2002) reportó que en un policultivo entre la tilapia roja y el langostino blanco encontró que las condiciones bioecológicas del ambiente de cultivo fueron mejoradas, reduciendo la contaminación horizontal y permitiendo mayores oportunidades de supervivencia, crecimiento del langostino, en convivencia con el virus de la mancha blanca.

Wang et al. (1998b) cultivando langostinos, en policultivo con tilapia, a una densidad de  $6 \text{ m}^{-2}$  la tasa de crecimiento y la supervivencia de los langostinos se incremento conforme se incrementaba la densidad de las tilapias (0, 0.16, 0.24 y 0.32 peces  $\text{m}^{-2}$ ). Encontrando un efecto positivo de la tilapia en el policultivo.

La presencia de sustrato es otro factor que afecta positivamente el crecimiento de los camarones. Los sustratos adicionados en los estanques de cultivo incrementan el área del fondo del estanque y permitiendo de esta manera, una mayor área de desplazamiento para el camarón reduciendo la competencia por el espacio, competencia por el alimento y el canibalismo. También se debe tener en cuenta que al cultivar camarones en un estanque con sustrato, la densidad real del estanque (individuos  $\text{m}^{-2}$ ) no esta sólo en función del fondo del estanque, sino también del área adicionado por el sustrato. Tidwell et al. (1998, 1999, 1999b, 2000 y 2001) reporta que la presencia del sustrato permitió incrementar la densidad de siembra del camarón gigante de Malasia obteniendo mejoras en la producción. Al parecer la respuesta de los camarones a la adición del sustrato es similar a lo observado cuando se reduce la densidad de siembra, este efecto es contrario a lo reportado por Karplus et al. (1986) quien menciona que al incrementar la densidad de siembra el peso medio de los camarones en cultivo disminuye.

Los sustratos también contribuyen a incrementar la productividad natural, que según Harpaz y Shmalbach (1986) esta productividad afecta positivamente el crecimiento de los camarones en cultivo. Al adicionar sustrato en los estanques de cultivo se puede minimizar el efecto negativo de ciertos factores como la competición por el alimento Segal y Roe (1975); según estos autores la agresividad de los camarones de mayor tamaño sobre los de menor tamaño, por la obtención del alimento, resulta en una reducción en las tasas de crecimiento; este efecto es minimizado por el sustrato ya que además de disminuir la densidad de siembra, por el aprovechamiento de la columna de agua gracias a los sustratos, incrementa el alimento natural del estanque produciendo perifiton sobre su superficie. Tidwell (1999b) reporta que la adición de sustrato en los estanques proporcionan un habitat adicional para los camarones en cultivo disminuyendo la competencia por el espacio e incrementando la supervivencia y las producciones finales. Este autor en el 2005 reporta que la adición de sustrato mejoró la eficiencia alimenticia en un 17 % en un monocultivo con el camarón gigante

de malasia. El incremento de la superficie del área por parte de los sustratos incrementó la producción de alimento natural mediante el desarrollo del perifiton sobre los sustratos.

Según D'Abramo et al. (2000) la adición de sustrato en los estanques de cultivo sirve de medio para el crecimiento del perifiton, el cual puede ser aprovechado por los camarones. Según Moss (2004) el sustrato artificial (AquaMats<sup>MT</sup>) ayuda a incrementar el alimento natural del estanque, el cual puede ser aprovechado por el camarón. Según Burmester (2001b) los langostinos se alimentan de las heces de las tilapias, cuando estas especies son cultivadas juntas. Otro factor minimizado por el sustrato es la temprana maduración sexual, según Cohen et al. (1981) al cultivar camarones a altas densidades las hembras maduran a más temprana edad, deteniendo y disminuyendo su crecimiento por la temprana producción de huevos, este efecto es minimizado por la adición del sustrato en los estanques de cultivo. Landkamer (1994) reporta que una hembra produce alrededor de 1000 huevos por cada gramo del peso de la hembra, en este periodo la hembra se encarga solamente de la protección y aireación de los huevos alimentándose ocasionalmente; al adicionar sustratos en los estanques de cultivo la densidad de los camarones queda disminuida, respecto a la densidad de siembra (este efecto es similar a los reportados en cultivos a bajas densidades), ya que los camarones no solo pueden desplazarse en el fondo del estanque sino también en la columna de agua mediante la utilización de los sustratos, disminuyendo de esta manera el efecto de la maduración temprana por el incremento de la densidad.

Según Segal y Roe (1975) cuando los camarones están mudando (pérdida de la exuvia) son vulnerables a los ataques de otros camarones, al diluir los camarones en el estanque por el aprovechamiento de la columna del agua, por parte de los camarones, por el uso del sustrato, la probabilidad de que un camarón sea atacado por otro también disminuye.

Otro factor que influyó en el crecimiento en peso de los camarones fueron las condiciones fisicoquímicas del estanque de cultivo, cuyos valores se encontraron dentro de los rangos óptimos reportados por New y Singholka (1984), Orbegoso (2000), Tidwell et al. (2002, 2003) y D'Abramo (2003). Estos factores fisicoquímicos facilitaron el crecimiento de los camarones en cultivo.

Pesos similares a los presentados en esta investigación fueron obtenidos por Ra'anan y Cohen (1983) en un cultivo con *Macrobrachium rosenbergii* sembrados a altas densidades (20 individuos x m<sup>2</sup>) con un peso inicial de 0.57 g obteniendo un peso final de 6.4 g y una supervivencia de 48.9%. Arango y Pral. (1988) reportan promedios de crecimiento semanal de 1 g para *Penaeus vannamei* alcanzando un peso final de 6.13 g después de 8 semanas de cultivo. En un policultivo realizado por Hulata et al. (1990) los pesos de siembra fluctuaron entre 0.25 g en un policultivo y 0.53 g en otro policultivo obteniendo un incremento de peso de 0.26 g día<sup>-1</sup>, crecimiento mucho menor al obtenido en nuestro estudio el cual tuvo una duración de 80 días de cultivo a diferencia de éste con 148 días.

El análisis de varianza multifactor no mostró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) para el factor sustrato a lo largo del cultivo, al realizar el análisis de medias no se encontró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre el nivel S1 y el nivel S2 de este factor en el cultivo. Este análisis indica que el efecto de los dos niveles del sustrato sobre el crecimiento del camarón gigante de malasia no fue significativamente diferente; es decir tanto S1 como S2 influyeron de igual forma en el crecimiento de los camarones; estos resultados contradicen lo reportado por Tidwell et al. (1999 y 2001) quien menciona que existe una relación lineal directa entre la cantidad de sustrato adicionada y la producción total del camarón gigante de malasia. Cohen et al. (citado por Tidwell 2001) reporta que la producción total y los pesos individuales se incrementa cuando el sustrato es adicionado en los estanques de cultivo.

El análisis de varianza multifactor mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para el factor densidad (biometría 9). Al realizar el análisis de medias se encontró que el nivel D2 obtuvo un peso significativamente mayor que el nivel D1. Es decir los camarones sembrados a mayor densidad obtuvieron mejores crecimientos.

Estos resultados contradicen lo reportado por autores como Clark (1963), quien reporta que la superpoblación afecta el crecimiento de los individuos lo que ocasiona interferencia entre ellos reduciendo el crecimiento; New y Singholka (1984) reportaron que muchas granjas siembran mayores densidades esperando que aumente la producción pero lo que encuentran es que disminuye el tamaño medio de los

camarones en cultivo por ejemplo Hulata et al. (1990) reportó que un 84% de los camarones cosechados, a densidades de 2 camarones  $m^{-2}$ , alcanzaron pesos  $\geq 30$  g pero Karplus et al. (1986) en un policultivo con camarones a densidades mayores (4 camarones  $m^{-2}$ ) encontró que solo el 35% de los camarones alcanzaron pesos  $\geq 30$  g. New y Singholka (1984) también mencionaron que el crecimiento y la supervivencia de los camarones dependen de muchos factores en particular de la densidad, depredación, alimentación y temperatura, por lo que al sembrar estanques con diferentes densidades (en nuestro caso D1 y D2) afectarían el crecimiento y la supervivencia de los camarones. Tidwell (1999) y Moss (2004), reportan, tanto para camarones como para langostinos, que a mayor densidad de siembra el crecimiento de los camarones se ve afectado negativamente, siguiendo una relación inversa. De igual forma Karplus et al. (1986) trabajando en un policultivo, reportó que los camarones al ser cultivados a mayor densidad disminuyen su peso medio de cosecha. Daniels et al. (1995) reporta que la densidad tiene un efecto significativo en los pesos finales de cultivo, encontrando menores pesos a mayores densidades. Tidwell (2004) menciona que los camarones son cultivados a bajas densidades por ser muy territoriales, inclusive más que los langostinos; al incrementar la densidad de siembra esta territorialidad se torna muy notoria debido a la gran mortalidad que se presenta a lo largo del cultivo y la disminución de los pesos finales. Ranjeet y Kurup (2002) encontraron que al incrementar la densidad de siembra se incrementa la competencia por el alimento y espacio, afectando negativamente el crecimiento de los camarones en cultivo. Tidwell et al. (2005) trabajando con juveniles de *Macrobrachium rosenbergii* reportó que el peso final disminuye cuando la densidad es incrementada. Williams et al. (1996) trabajando con dos especies de *Penaeus* encontró una relación inversa entre la densidad de siembra y el crecimiento, especialmente en *Penaeus setiferus* comparado con *Penaeus vannamei*.

Los resultados de estos autores contradicen el resultado obtenido en nuestra investigación, donde los camarones cultivados a mayor densidad obtuvieron mayores pesos que aquellos cultivados a bajas densidades. Este resultado pudo deberse al hecho de que los camarones obtuvieron una mayor área de desplazamiento, gracias a la adición del substrato, cuyo efecto es similar al de los camarones cultivados a bajas densidades Tidwell y D'Abramo (2001). Tidwell et al. (1998) indica que las tasas de producción pueden ser incrementadas, sin perjudicar los pesos finales, incrementando

las densidades de siembra, siempre y cuando se adicione sustratos en los estanques de cultivo.

D'Abramo et al. (2000) reporta que la reducción en el crecimiento de muchos crustáceos se debe al insuficiente espacio que presentan para su crecimiento considerándole un factor limitante, pero según Moss et al. (2004), en trabajos realizados con langostinos, la densidad de siembra puede ser incrementada sin comprometer el crecimiento de los langostinos cuando son usados sustratos artificiales en los estanques de cultivo; similar conclusión llega D'Abramo et al. (2000), luego de realizar un trabajo en *Macrobrachium rosenbergii* considerando el flujo del agua y adición de sustratos, reporta que las mas altas tasas de crecimiento pueden ser alcanzadas a bajas tasas de recambio de agua cuando se adiciona sustrato en los estanques de cultivo.

Respecto a la interacción encontrada entre las variables nos muestra que el efecto de la densidad sobre el crecimiento de los camarones en cultivo depende de los incrementos de sustrato, ya que los sustratos brindaron un área adicional en la columna de agua donde los camarones puedan desplazarse, disminuyendo de esta manera la competencia por el espacio o territorialidad, que según Tidwell (2004) es un factor negativo en los cultivos de camarones. Además, este mismo autor (2000) reporta que la densidad de cultivo puede ser incrementada, sin perjudicar los pesos finales, mediante el incremento del área del desplazamiento del camarón por el uso del sustrato

Tidwell et al. (2002) (KSU Prawn Production Manual) reporta que el cultivo a densidades mayores a 20,000 camarones por acre (5 camarones m<sup>-2</sup>) generalmente da como resultado camarones pequeños con un menor valor en el mercado, pero al adicionar sustratos a los estanques de cultivo permite sembrar mas camarones e incrementar el rendimiento de un 20 a 40%; la talla y el peso individual podrían también incrementarse. Nuestros resultados concuerdan con lo afirmado por Tidwell, ya que al final del cultivo los camarones cultivados a mayor densidad no se vieron perjudicados, por el contrario, obtuvieron mejores pesos que aquellos cultivados a menor densidad.

Moss et al.(2004) obtuvo resultados similares en cultivos con langostinos donde encontró que al utilizar sustratos en los tanques de cultivo el peso final se incrementó en un 17.4, 26.0 y 34.5% con respecto a los tanques sin adición de sustrato; Es decir,



densidad de siembra puede ser incrementada sin comprometer el crecimiento de los langostinos cuando se usa sustrato en los estanques de cultivo. Según el mismo autor estos resultados son corroborados por Bratvold y Browdy (2001) quienes indican que el peso final de los langostinos fue 28 a 37% mejor en tanques que contenían sustratos adicionados.

Komarey et al. (2004) trabajando con el langostino blanco *Litopenaeus vannamei* reporta que al ser sembrados las larvas de este camarón con tres diferentes densidades y adicionando sustratos a cada uno de ellos no se encontró diferencia significativa respecto a la densidad, sustrato o su interacción, por lo que el sustrato ayudó a minimizar el efecto negativo de la densidad sobre el crecimiento.

New y Singholka (1984) mencionan que la densidad y la depredación son factores importantes que se deben considerar al momento de cultivar los camarones, muchas enfermedades son ocasionadas por un incremento en la densidad de siembra ya que animales estresados son mucho más susceptibles a enfermedades; por lo que el sustrato actuaría como un medio para disminuir el efecto negativo de la superpoblación y la supervivencia de los animales en cultivo.

Muchas investigaciones en langostinos y en camarones han utilizado diferentes tipos de sustratos para incrementar el número de animales por área de cultivo, disminuyendo el canibalismo, la competencia por el espacio (la territorialidad) e incrementando el alimento natural. Tidwell (2001) reportó que una manera de alcanzar un mejor crecimiento de los camarones es incrementando el área de superficie dentro del estanque usando para ello los sustratos. Tidwell y D'Abramo (2001) trabajando con el camarón gigante de malasia reportaron que la presencia de sustrato mejoró la producción total en un 25%.

El análisis de media por tratamiento mostró diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) al final del cultivo, donde el tratamiento T3 alcanzó un mayor crecimiento en peso diferenciándose significativamente del tratamiento T1, el cual obtuvo los menores pesos. Los tratamientos T2, T3 y T4 no mostraron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre si, pero el tratamiento T3 obtuvo un mayor crecimiento. Esto significa que la combinación de una mayor densidad de siembra (D2) con la adición de un menor nivel

de sustrato (S1) contribuyen de manera positiva en el crecimiento del camarón gigante de malasia.

Estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos por Tidwell (1998, 1999 y 2000) donde la presencia de sustrato permitió incrementar los niveles de cultivo obteniendo mejoras en la producción. El mismo autor (2001) sugiere que los porcentajes de incremento de sustrato mayores de 80% impiden un buen manejo y control de los estanques ya que al estar saturados de sustratos es imposible mantener los sustratos separados, ello haría que los camarones de un sustrato tuvieran contacto con los camarones del sustrato contiguo e interaccionen negativamente entre sí, ocasionando competencia y mortalidades.

Tidwell et al. (1998, 2002, 2003) reporta que los camarones son más territoriales que los langostinos por ello son cultivados a bajas densidades, pero con el uso de sustratos las densidades pueden incrementarse significativamente. Los resultados obtenidos en el presente estudio demuestran que la adición de sustrato permite incrementar los niveles de cultivo sin disminuir el crecimiento de los camarones, ya que los mayores pesos encontrados pertenecen al tratamiento T3. Adicionalmente Moss et al. (2004) reporta que el uso de sustrato artificial tiene un potencial benéfico en los cultivos de langostinos, incrementando la superficie del área de cultivo, una mayor área donde los langostinos pueden encontrar alimento, proporciona refugio especialmente en temporadas de muda y también es un buen sustrato para las bacterias nitrificantes.

D'Abramo et al. (2000) reporta que los sustratos, adicionados en los estanques, sirven de medio para el crecimiento de alimento natural (perifiton) el cual puede ser aprovechado por los camarones. Webster y Tidwell (1995) reportan que los camarones son omnívoros teniendo una dieta consistente en insectos, algas, frutos, semillas, otros pequeños moluscos y otros crustáceos. Ling's (1969) también reporta, de acuerdo a sus observaciones, que los camarones son especies omnívoras, generalmente las dietas de los camarones tienden a ser menos exigentes que la de los langostinos debido a los bajos niveles de proteína en su dieta, por lo que el alimento producido en los sustratos fue muy bien aprovechado por los camarones.

### 6.3. Supervivencia camarón:

El porcentaje de supervivencia promedio para el camarón gigante de malasia en el cultivo fue de 90.32%. Este alto porcentaje de supervivencia pudo deberse principalmente a las condiciones de cultivo como son: el alimento suministrado, el alimento natural del estanque, la presencia del perifiton y la adición de substrato, lo cual contribuyó a una mayor supervivencia por parte de los camarones en cultivo. New y Singhloka (1984) mencionaron que los substratos ayudan a los camarones a tener una mayor superficie de disposición en los estanques por lo tanto el porcentaje de supervivencia se ve incrementado

Resultados similares fueron obtenidos por D'Abramo et al. (2000) que trabajando con postlarvas de *Macrobrachium rosenbergii* obtuvo porcentajes de supervivencias entre 75 y 100%. Karplus et al. (1986) trabajando en un policultivo de diferentes tipos de peces (carpas y tilapias) con camarón reportó porcentajes de supervivencia de 85% para el camarón cultivado a bajas densidades (1, 2, 3 y 4 camarones  $m^{-2}$ ). De Tapia et al. (1990) realizó tres policultivos de langostinos con tilapia roja variando únicamente la densidad de las tilapia (0.25  $m^{-2}$ , 0.125  $m^{-2}$  y 0.0625  $m^{-2}$ ) encontrando supervivencias de 47, 36 y 45% para cada uno de los tratamientos; Estos valores son menores a los encontrados en nuestra investigación, el cual presentó una mayor densidad de siembra que el reportado por estos autores.

La posible razón por la cual nuestra investigación obtuvo mayores porcentajes de supervivencia fue el uso de substrato en los estanques de cultivo; ya que cuando se determina el número de camarones a sembrar sólo se toma en consideración el área del fondo del estanque, por lo que al adicionar substratos, el área de desplazamiento que puede ocupar el camarón se incrementa, reduciendo de esta manera la densidad original; ya que los camarones no solo utilizan el fondo del estanque sino también la columna de agua por la adición de los substratos. Además se debe considerar que las densidades utilizadas en nuestra investigación fueron mucho mayores (7 y 10 camarones  $m^{-2}$ ) a los usados por otros autores como De Tapia (2 langostinos  $m^{-2}$ ).

De Tapia (1991) trabajando en tres policultivos de langostino *Penaeus stylirostris* y tilapia obtuvo porcentajes de supervivencia para el langostino de 39.37, 34.6 y 52.9% en tres tratamientos diferentes donde la densidad de siembra fue de 2 langostinos  $m^{-2}$  para

todos los casos; Considerando la densidad utilizada en nuestra investigación (7 y 10 camarones  $m^{-2}$ ) se esperaría que estos porcentajes de supervivencia fuesen mayores a los nuestros, por el contrario los porcentajes obtenidos en nuestra investigación fluctuaron entre 82 y 98%, siendo estos porcentajes mucho mayores a los obtenidos por este investigador. Además, debemos considerar que los camarones son más agresivos y territoriales que los langostinos y al ser cultivados a altas densidades su crecimiento disminuye significativamente New y Singholka (1984), New (2002), Tidwell (2002) y D'Abramo (2003).

En el análisis de varianza multifactor, el factor sustrato mostró una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ), al realizar el análisis de media para este factor el nivel S1 obtuvo un porcentaje de supervivencia (95.6%) significativamente mayor respecto al porcentaje del nivel S2 (85.1%); Es decir, al incrementar los porcentajes de adición del sustrato la supervivencia disminuye siguiendo una relación inversa. Este resultado puede ser explicado teniendo en cuenta lo reportado por Tidwell y D'Abramo (2001) quienes mencionan la imposibilidad de mantener separados los sustratos cuando estos porcentajes eran mayores al 80% del fondo del estanque; al no poder mantener los sustratos separados los camarones de uno u otro sustrato pueden interactuar negativamente invadiendo y compitiendo con los camarones de los sustratos contiguos, ocasionando de esta manera competencias y mortalidades.

El análisis de varianza multifactor la variable densidad y la interacción entre los factores densidad-sustrato no mostraron diferencia significativa ( $p > 0.05$ ). El análisis de media para este factor no encontró diferencia significativa entre los niveles D1 y D2; Es decir, los porcentajes de supervivencia para los niveles D1 (91.1%) Y D2 (89.8%) no fueron estadísticamente diferentes. Este resultado pudo deberse al uso de sustratos en los estanques de cultivo, ya que según New y Singholka (1984), De Tapia (2001), New (2002), Tidwell (2002) y D'Abramo (2003) al cultivar camarones a una mayor densidad (sin el uso de sustrato) la supervivencia disminuye significativamente. De igual forma Karup y Ranjeet (2000) cultivando camarones en monocultivo y policultivo con carpas a diferentes densidades reportan que los mayores porcentajes de supervivencia fueron encontrados a menores densidades de cultivo. En el presente estudio esta relación inversa entre la densidad y la supervivencia no fue significativa debido al incremento del área de desplazamiento de los camarones mediante la adición de sustrato en los

estanques de cultivo, disminuyendo de esta manera la competencia por el espacio, por el alimento y la posibilidad de ser atacado cuando el camarón esta mudando.

Daniels et al. (1995) cultivando camarones a diferentes densidades (39,540, 59,300 y 79,100  $\text{Ha}^{-1}$ ) encontró porcentajes de supervivencia de 75.7, 81.9 y 78.2 %; al realizar el análisis estadístico encontró que estos porcentajes no eran estadísticamente diferentes, este resultado concuerda con los obtenidos en nuestra investigación; pero se debe tener en cuenta que las densidades (70,000 y 100,000  $\text{ha}^{-1}$ ) y los porcentajes de supervivencia (91.07 y 89.79%) fueron mayores en el presente estudio.

El análisis de medias por tratamiento para la supervivencia mostró una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) entre los tratamientos T3 y T4 con 97.5 % y 82.1% de supervivencia respectivamente, donde T3 presentó un mayor porcentaje de supervivencia. El tratamiento T3 presentó la mayor densidad (D2) y el menor porcentaje de adición de sustrato (S1), en este caso al incrementar la densidad de siembra lo que se esperaba era obtener menores crecimientos y una disminución en los porcentajes de supervivencia según lo reportado por Tidwell (1999) y Moss (2004); pero la adición de sustrato contribuyó a que los camarones no estuvieran concentrados sólo en el fondo del estanque sino que pudieran utilizar también la columna de agua; de esta manera se disminuyó la competencia por el espacio y por el alimento. Según Tidwell et al. (2002) (KSU Prawn Production Manual) al ser los camarones más agresivos y más territoriales que los langostinos, impide que sean cultivados a grandes densidades, hecho que puede ser solucionado incrementando el área de cultivo para el camarón en el mismo estanque, con la adición de los sustratos artificiales.

Ra'anan y Cohen (1983) cultivando *Macrobrachium rosenbergii* a altas densidades (20 individuos  $\times \text{m}^{-2}$ ) con un peso inicial de 0.57 g obtuvieron un peso final de 6.4 g y una supervivencia de 48.9% en 54 días de cultivo, este valor es menor al encontrado en nuestra investigación (90.32%) donde los camarones fueron cultivados a menores densidades (7 y 10  $\text{m}^{-2}$ ) en 80 días de cultivo.

Heinen y Mensi (1991) trabajando con postlarvas de camarón alimentadas con diferentes dietas (Alimento Purina, Silver carp, MFC, HFX-EXD-86X y Zeigler), horarios de alimentación (una, dos y tres veces al día) y diferentes suplementos alimenticios

(Liver, Squid, Egg y Fish) encontraron porcentajes de supervivencia para las diferentes dietas de 81.1, 59.4, 23.7, 46.8 y 18.8%, para los horarios de alimentación de 85.3, 66.9, 63.1% y para los diferentes tipos de suplementos de 94.3, 89.8, 53.7 y 65.9%; estos porcentajes de supervivencia son menores comparados con el tratamiento T3 de nuestra investigación.

Tidwell et al. (1994) trabajando con diferentes dietas para el camarón *Macrobrachium rosenbergii* encontró porcentajes de supervivencias entre 65 y 93 % con un promedio de 78 %; el mismo autor en el 2004 encontró una supervivencia del 92 % en estanques con adición de substrato, después de 104 días de cultivo para el camarón gigante de malasia; estos valores son menores a los reportados en esta investigación.

Daniels y D'Abramo (1994) trabajando con diferentes pesos de siembra, seleccionó camarones de 30 % upper (mas grandes) y 70 % lower (mas pequeños), 30 % lower y 70 % upper; todos ellos a una densidad de 3.95 camarones m<sup>-2</sup>, obteniendo porcentajes de supervivencia de 85.3, 79.4, 73.2 y 80.2 %; estos porcentajes son menores a los presentados en nuestra investigación, además las densidades de siembra utilizadas en nuestra investigación (7 y 10 camarones m<sup>-2</sup>) son mucho mayores a las presentadas por esos autores.

Molina et al. (1995) reporta porcentajes de supervivencia entre 89.9 y 81.5 % para el camarón gigante de malasia alimentada con diferentes dietas (Purina 2, Purina 4, Zeigler, Dupont y PFC) con porcentajes de proteína mayores a 32 %, estos porcentajes son menores a los obtenidos en nuestra investigación.

Tidwell et al. (1996) cultivando al camarón gigante de malasia *Macrobrachium rosenbergii* a diferentes latitudes (Kentucky: 38°12' y Mississippi: 33°28') encontró porcentajes de supervivencia de 88.4 % y 77.9 % para camarones cultivados en Kentucky y Mississippi respectivamente. Estos porcentajes son menores a los reportados en esta investigación, donde los camarones fueron cultivados a densidades mayores a los reportados por este autor. Según New y Singholka (1984), New (2002), Tidwell (2002) y D'Abramo (2003) al cultivar camarones con una mayor densidad de siembra se esperaba obtener menores porcentajes de supervivencia, hecho que no ocurrió ya que se incremento el área de cultivo con la adición de substrato,

disminuyendo de esta manera la competencia por el espacio y alimento entre los camarones.

Tidwell et al. (1998) cultivando camarones en estanque con y sin adición de sustrato, a densidades de  $5.9 \text{ m}^{-2}$ , no encontró diferencia significativa entre los porcentajes de supervivencia (57.3% y 59.3); estos porcentajes son muy bajos comparados con los obtenidos en esta investigación (90.32%) donde los camarones fueron cultivados a mayores densidades ( $7$  y  $10 \text{ m}^{-2}$ ).

Ranjeet and Kurup (2002) cultivando al camarón de malasia a diferentes densidades (14,000, 25,000, 40,000 y 60,000  $\text{Ha}^{-1}$ ) en 8 meses de cultivo, obtuvo producciones de 320, 480, 630 y 510  $\text{kg ha}^{-1}$  con una supervivencia promedio entre 42 y 23 %. Estos resultados de supervivencia son inferiores a los obtenidos en el presente estudio (90.32 %) donde nuestras densidades de siembra fueron mayores (70,000 y 100,000  $\text{ha}^{-1}$ ) y un tiempo de cultivo menor a los reportados por estos autores.

Kurup and Ranjeet (2002) realizando trabajos en monocultivo y policultivo de camarones con peces integrados a las pozas de cultivo de arroz encontró, después de 6 a 8 meses de cultivo, porcentajes de supervivencia entre 25 y 38 % en monocultivo y entre 22 y 42 % en policultivo para el camarón gigante de malasia. Estos porcentajes de supervivencia son inferiores a los obtenidos en el presente estudio donde el sustrato fue el factor determinante para alcanzar altos porcentajes de supervivencia.

#### **6.4. Talla tilapia**

La longitud total para la tilapia se incremento en un 230.51 %, es decir, creció un promedio de  $0.1 \text{ cm día}^{-1}$  este crecimiento pudo deberse principalmente a que las tilapias aprovecharon el alimento natural del estanque de cultivo y el alimento producido en los sustratos (perifiton), ya que las tilapias no recibieron alimento balanceado; Según Moss (2004) el sustrato artificial incrementa el alimento natural del estanque, el cual puede ser aprovechado tanto por el camarón como por la tilapia ya que estas dos especies son omnívoras. Adicionalmente los sustratos proveyeron sombra y fueron utilizados como refugio contra algunos depredadores naturales como las garzas, el patillo, etc.

El análisis estadístico no mostró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) para el factor sustrato y densidad; es decir, las tilapias crecieron homogéneamente en presencia de los dos incrementos de sustrato y densidad, sin existir un efecto significativo del sustrato o la densidad, sobre el crecimiento de las tilapias en cultivo. Esto contradice lo reportado por Williams et al. (1996) quien trabajando con dos especies de *Penaeus* encontró una relación inversa entre la densidad de siembra y la supervivencia para *Penaeus setiferus*. La interacción de los factores si mostró diferencia significativa al final del cultivo; es decir, el efecto en conjunto de los factores sustrato y densidad afectó de manera positiva el crecimiento en talla de las tilapias, a diferencia del efecto de los factores analizados independientemente.

La prueba de Duncan para el análisis de media por tratamiento mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) al final del cultivo. El tratamiento T2 y T3 no mostraron una diferencia estadísticamente significativa. En cambio el tratamiento T2 mostró una media significativamente mayor respecto a los tratamientos T1 y T4. Esta diferencia pudo deberse a la mayor adición de sustrato (S2) en el tratamiento T2 respecto al tratamiento T1 (que presentó una menor adición de sustrato-S1); el mayor porcentaje de adición del sustrato contribuyó a una mayor producción del alimento natural en el estanque y una producción adicional de alimento (perifiton) sobre el sustrato (Tidwell et al., 1999, D'Abramo, 2000 y Moss, 2004), lo que determinó un mayor crecimiento en talla de las tilapias. Si bien el tratamiento T4 también tuvo mayor adición de sustrato su crecimiento fue significativamente menor que el tratamiento T2. Esta diferencia se debió al hecho de que la productividad del estanque fue aprovechada por un mayor número de individuos, ya que los camarones en este tratamiento fueron cultivados a mayor densidad y al ser una especie omnívora (Milstein, 1997; Green, 2000; Fitzsimmons, 2001) también aprovecharon el alimento natural y el perifiton; de esta manera aunque la producción primaria de T2 y T4 fueran las mismas las tilapias del tratamiento T4 consumieron menos alimento produciendo un menor crecimiento. New y Singholka (1984), Webster y Tidwell (1995), New (2002) entre otros autores, mencionan que un factor importante en el crecimiento de los organismos en cultivo es la cantidad de alimento, especialmente en los cultivos semi-intensivos donde la productividad primaria es una fuente de importante alimento.



### 6.5. Peso tilapia

El peso total de la tilapia se incrementó en un 3,532.89 % con un crecimiento promedio de  $0.34 \text{ g día}^{-1}$ , este crecimiento pudo deberse al hecho de que la tilapia a ser una especie omnívora (Milstein, 1997; Naylor et al., 2000; Green, 2000; Otoshi et al., 2001; Fitzsimmons, 2001), pudo aprovechar del alimento natural producido en el estanque de cultivo y sobre el sustrato; ya que el alimento suministrado en los estanques de cultivo fue para el camarón. Según Jímenes y Balcázar (2003) al incrementar las densidades de cultivo la cantidad de alimento también se incrementa, en este caso al no incrementar alimento balanceado para la tilapia la única fuente de proteína disponible, para que esta especie pueda desarrollarse, se encontraba en el perifiton, que se hallaba sobre los sustratos, y en la productividad primaria.

Hulata et al. (1990) obtuvo crecimientos de  $1.18 \text{ g día}^{-1}$  para la tilapia roja en un policultivo con camarones, esta mayor ganancia de peso por día pudo deberse a que las densidades utilizadas por el autor fueron mucho menores a las utilizadas en el presente estudio, esto condicionó a que las tilapias tengan mayor espacio para su desarrollo y mayor área para poder filtrar el alimento natural, además del alimento balanceado que recibieron.

De Tapia et al. (1990) en un policultivo realizado entre langostino y la tilapia roja, encontró incrementos de peso entre 1.78, 20.9 y  $2.15 \text{ g día}^{-1}$  para la tilapia a diferentes densidades de siembra, estos valores son mayores a los encontrados en el presente estudio. Esto pudo deberse principalmente a que las tilapia fueron sembradas a una menor densidad ( $0.25 \text{ m}^{-2}$ ,  $0.125 \text{ m}^{-2}$  y  $0.0625 \text{ m}^{-2}$  respectivamente) y con un mayor peso de siembra; además, el número de animales por metro cuadrado sembrado fue mucho menor al nuestro, ya que la densidad de los langostinos fue de solo  $2 \text{ m}^{-2}$ , y el tiempo de cultivo fue mayor al utilizado en esta investigación. Según este mismo autor la ganancia de peso para los peces fue encontrada en el tratamiento con más baja densidad de siembra, debido a que las tilapias tenían mayor espacio donde obtener su alimento.

De Tapia et al. (2001) trabajando en tres policultivos de langostino con tilapia encontró un incremento para la tilapia roja de  $1.49 \text{ g día}^{-1}$  en uno de los tratamientos a densidad de  $0.25 \text{ m}^{-2}$ , en los otros dos tratamientos los incrementos no fueron hallados debido a

que la supervivencia fue de 0%. Este incremento es mayor a lo encontrado en el presente estudio debido a que los peces fueron sembrados a densidades bajas y tuvieron un mayor tiempo de cultivo (114 días).

El análisis de varianza no mostró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) para el factor densidad a lo largo del cultivo. Esto contradice lo reportado por Hargreaves et al. (1991) quien trabajando con dos densidades de cultivo para la tilapia roja encontró una relación inversa entre la densidad y el crecimiento, la supervivencia y la biomasa final. El factor sustrato mostró una diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para el crecimiento en peso de la tilapia al final del cultivo, donde las tilapias cultivadas a mayor porcentaje de adición de sustrato (S2) tuvieron un mayor crecimiento respecto a las tilapias cultivadas con un menor porcentaje de adición de sustrato (S1). La interacción de los factores mostró diferencia estadísticamente significativa al final del cultivo.

Este efecto pudo deberse a la cantidad de alimento natural producido por los sustratos; es decir, a mayor porcentaje de adición de sustrato mayor producción de alimento natural. Según Moss (2004) el sustrato artificial (AquaMats<sup>MT</sup>) ayuda a incrementar el alimento natural del estanque. En cultivos extensivos y semi-intensivos esta productividad generada en los estanques es un factor importante en el crecimiento de los animales omnívoros como las carpas y tilapias Naylor et al., 2000.

Otoshi et al. (2001) reportó un incremento del 89% en post-larvas de *Litopenaeus vannamei* en estanques con sustrato adicionado, según este autor el sustrato ayudan a incrementar la disponibilidad del alimento natural en el estanque de cultivo. Tanto los camarones, los langostinos y las tilapias son especies omnívoras las cuales se ven beneficiados con la presencia de alimento natural en los estanques de cultivo.

La prueba de Duncan para comparar las medias de los pesos de la tilapia en los tratamientos mostró diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) al final del cultivo donde el tratamiento T2 y T4 se diferenciaron significativamente ( $p < 0.05$ ) del tratamiento T1; pero el tratamiento T2, T3 y T4 no mostraron diferencias entre sí. Este mayor crecimiento en peso de las tilapias, en los tratamientos T2 y T4, puede ser explicado por el hecho de que estos tratamientos recibieron un mayor porcentaje de adición de sustrato lo que se vio expresado en una mayor producción de alimento para

las tilapias en cultivo. Este mismo efecto se puede apreciar en el crecimiento en talla donde el efecto del sustrato determinó un mayor crecimiento en el tratamiento T2.

De Tapia et al. (1990) no encontró diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) respecto al incremento en peso entre sus tres policultivos, donde las tilapias fueron sembradas a diferentes densidades. Debido a que las densidades son muy bajas, menores a  $0.25$  individuos  $m^{-2}$ , estas tilapias tenían a disposición una mayor área donde encontrar y filtrar su alimento natural, además del alimento suministrado en cada uno de los tratamientos. En nuestra investigación el alimento natural se vio incrementado por la presencia de sustrato, pudiendo la tilapia encontrar alimento en la columna de agua y sobre el sustrato; Guo-Chang (1989), reporta que muchas veces es recomendable que los estanques de cultivo para la tilapia roja, en policultivo con langostinos, sean fertilizados ya que estos animales tienen hábitos planctónicos, en nuestra investigación no fue necesaria la fertilización ya que los sustratos ayudan a incrementar la productividad del estanque como lo reporta Moss (2004).

#### **6.6. Supervivencia tilapia**

La supervivencia promedio obtenido para las tilapias fluctuó entre 98% y 100% en todas las unidades experimentales. El juvenil de tilapia muerto fue debido a la presencia de las aves denominadas comúnmente “garzas” que habitan en la zona.

El análisis de medias mostró que no existe diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre los niveles del factor sustrato y del factor densidad, el menor porcentaje de supervivencia registrado fue encontrado en el sustrato S1 (99%) y el mayor porcentaje fue encontrado en el sustrato S2 (100%) pero esta diferencia fue no significativa. El análisis de media para el tratamiento determinó que los tratamientos no eran significativamente diferentes entre sí. Burmester (2001b) en un policultivo de tilapia con langostino reporta porcentajes de supervivencia del 90% para la tilapia cultivada en agua de mar, este porcentaje es menor al encontrado en nuestro trabajo ya que al cultivarlas en un medio diferente (agua salada) las mortalidades se ven incrementadas.

De Tapia et al. (1991) trabajando en un policultivo de langostinos con tilapia gris y roja realizó investigaciones tomando en consideración 3 densidades de siembra para la tilapia ( $1 \text{pez } m^{-2}$ ,  $1 \text{pez } 2m^{-2}$  y  $1 \text{pez } 4m^{-2}$  de los cuales 75% de peces fueron tilapias

grises y el 25% restante fueron tilapias rojas para las tres densidades) y una densidad para el langostino  $2 \text{ m}^{-2}$ , obtuvo porcentajes de supervivencia para la tilapia gris de 91.62, 41.80 y 53.7% y para la tilapia roja de 36.22, 0 y 0% respectivamente; considerando que la densidad utilizada en el presente estudio para la tilapia ( $2 \text{ pez m}^{-2}$ ) fue mayor a la densidad utilizada por De Tapia, nuestros porcentajes de supervivencia son mucho mayores, ello pudo deberse a que las tilapia contaban con una fuente de alimento natural producida en los substratos de cada uno de los estanques de cultivo.

De Tapia et al. (1990) reporta porcentajes de supervivencia de 54.3, 50.7 y 35% para la tilapia en policultivos realizados con langostinos, estos valores son inferiores a los encontrados en el presente estudio donde la densidad de siembra de las tilapias fue mucho mayor a las utilizadas por De Tapia. Este autor también reporta que la mayor supervivencia fue encontrada en el tratamiento con mayor densidad para la tilapia concluyendo que las densidades no contribuyen a un mejor rendimiento por presentar bajos porcentajes de supervivencia.

#### **6.7. Biomasa camarón**

La biomasa promedio encontrada en nuestra investigación fue  $511,343 \text{ kg ha}^{-1}$  para el camarón gigante de malasia, considerando una supervivencia promedio de 90.32% para el cultivo. Este resultado se encuentra dentro de los rangos de producción propuestos por Green (2000), quien reporta producciones entre 250 a  $1000 \text{ kg ha}^{-1}$  en sistemas de policultivo donde el camarón es la especie principal. En sistemas de policultivo donde el camarón es la especie secundaria los rangos de producción son menores encontrándose entre 100 a  $400 \text{ kg ha}^{-1}$ . Estos rangos de producción se alcanzan con un tiempo de cultivo entre 14 a 18 semanas, tiempo mucho mayor al reportado en esta investigación (80 días). Quispe (2002) reporta que las producciones para el langostino en tumbes estuvieron entre 100 y  $200 \text{ kg ha}^{-1}$  siendo estos valores mucho menores a la producción encontrada en la presente investigación. Según Fitzsmmons (2001) el policultivo de camarón-tilapia reduce la biomasa final de los camarones comparado con los sistemas de monocultivo, pero incrementa la biomasa total del estanque (biomasa de peces mas camarones).

El análisis de varianza Multifactor entre las variables experimentales y su interacción mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) para la variable densidad, al realizar el análisis

de media se encontró que el nivel D2 obtuvo una mayor biomasa respecto al nivel D1 (618,69 y 404,00 kg Ha<sup>-1</sup> respectivamente). Este resultado es sustentado por el análisis de media para el crecimiento en peso del camarón donde el nivel D2 obtuvo al final del cultivo un peso significativamente mayor que el peso encontrado en el nivel D1; Adicionalmente el nivel D2 (10 m<sup>-2</sup>) obtuvo un porcentaje de supervivencia mayor respecto al nivel D1 (7 m<sup>-2</sup>), esto contribuyó a que el nivel D2 obtenga una mayor biomasa.

El análisis de varianza Multifactor para el factor substrato no presentó diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) a lo largo del cultivo. La interacción de los factores no mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ). Esto concuerda con lo reportado por Tidwell (1999) que encontró que el porcentaje de adición de substrato no fue más efectivo a altas o bajas densidades de cultivo.

En la prueba de Duncan para el análisis de medias para el tratamiento, se encontró que el tratamiento T3 presentó una biomasa (690,1 kg ha<sup>-1</sup>) significativamente mayor ( $p < 0.05$ ) respecto a los tratamientos T2 (420,9 kg ha<sup>-1</sup>) y T1 (387,1 kg ha<sup>-1</sup>) y aunque su biomasa fue mayor a la biomasa del tratamiento T4 (547,3 kg ha<sup>-1</sup>) el análisis indicó que no existe diferencia significativa ( $p > 0.05$ ) entre estos tratamientos.

El tratamiento T3 (D2S1) presentó las mejores condiciones de cultivo; esto puede ser sustentado por el análisis de media de crecimiento en peso donde el nivel D2 obtuvo un mejor crecimiento y mayor biomasa respecto a D1 además el análisis de medias para la supervivencia reporta el nivel S1 obtuvo un mayor porcentaje de supervivencia respecto a S2 y que el tratamiento T3 obtuvo un mayor porcentaje de supervivencia respecto a los otros tratamientos.

Ra'anan y Cohen (1983) trabajando con el camarón gigante de malasia en monocultivos encontró una producciones promedio de 715,4 kg ha<sup>-1</sup>, con una supervivencia de 48.9% en 54 días de cultivo; este valor es similar a la biomasa encontrada en el tratamiento T3 (690,1 kg ha<sup>-1</sup> y 97.5% supervivencia) pero se debe tener en cuenta que el peso de siembra (0,57 g) y la densidad de cultivo (250 000 ha<sup>-1</sup>) reportado por estos autores fueron mayores a los utilizados en el presente estudio. Estos autores trabajando con policultivos de camarón con carpas, sembrando

camarones con un peso inicial de 5,0 g a una densidad de 5,400 ha<sup>-1</sup> encontró producciones de 249,5 kg ha<sup>-1</sup> con una supervivencia de 86.1%, esta biomasa es mucho menor a lo reportado en esta investigación la cual se obtuvo con un peso de siembra menor (0.15g) y mayor porcentaje de supervivencia (90.32%) en solo 80 días de cultivo.

Karplus et al. (1986), en un policultivo de camarón con carpas y tilapia, trabajando a bajas densidades de siembra (1, 2, 3 y 4 camarones m<sup>-2</sup>) encontró producciones entre 351,6 a 815,6 kg ha<sup>-1</sup> con un porcentaje de supervivencia del 85%, estos datos de producción son similares a los obtenidos en nuestra investigación pero con un mayor porcentaje de supervivencia (90.32 %).

Jia Mo et al. (1988) en un monocultivo con camarón gigante de malasia *Macrobrachium rosenbergii* reporta una producción promedio de 547,7 kg ha<sup>-1</sup> para 6 tratamientos con diferentes densidades de siembra ( 6,5; 7,0; 8,3; 9,0; 10,0 y 13,0 camarones m<sup>-2</sup>) en 142 días de cultivo y un porcentaje de supervivencia de 57.68%, esta producción es menor a la obtenida en el presente estudio (690,1 kg ha<sup>-1</sup> y 97.5% supervivencia para el tratamiento T3) la cual fue alcanzada en solo 80 días.

Hulata et al. (1990) en un policultivo camarón-tilapia reporta producciones entre 651 y 702 kg ha<sup>-1</sup> con supervivencias de camarón de 86 % y de tilapia de 51% en 148 días y sembrados a una densidad de 2 camarones m<sup>-2</sup>. Estos valores son similares a los reportados en el presente estudio (690,1 kg Ha<sup>-1</sup> y 97,5 % supervivencia para el tratamiento T3) pero con un menor tiempo de cultivo (80días), un mayor porcentaje de supervivencia promedio (90,32%) y una mayor densidad de siembra (7 y 10 camarones m<sup>-2</sup>).

De Tapia et al. (1990) trabajando en diferentes policultivos de langostino con tilapia roja encontró producciones de 141,54; 134,20 y 134,42 kg. ha<sup>-1</sup> para el langostino, estos valores son inferiores a los encontrados en el presente estudio donde se obtuvo producciones de 4 veces mayores que los obtenidos por este autor. Se debe considerar también que en nuestra investigación se utilizó una mayor densidad tanto para los camarones y tilapias, a diferencia del policultivo realizado por De Tapia con bajas densidades.

De Tapia (1991) realizando un policultivo entre el langostino *Penaeus Stylirostris* y la tilapia roja y gris encontró producciones para el langostino de 105,9; 132,9 y 212,4 kg ha<sup>-1</sup>, con una supervivencia de 39,37 % en 133 días de cultivo, estos valores son menores a los reportados en nuestra investigación.

Webster y Tidwell (1995), quienes trabajando con diferentes dietas obtuvieron producciones de 834 Kg ha<sup>-1</sup> en un experimento con 0, 20, 40 % de DGS (distillers grains with solubles) a una densidad de 19 760 ha<sup>-1</sup> a 101 días de cultivo; en otro experimento obtuvieron producciones de 1 268 kg ha<sup>-1</sup> con una dieta de 32 % de proteína, a una densidad de 39 536 ha<sup>-1</sup> y 110 días de cultivo y en un tercer experimento con suplementos de DGS y fertilización en 102 días de cultivo encontró producciones de 940 kg ha<sup>-1</sup> estos valores son mayores a los reportados en nuestra investigación, pero se debe considerar que el tiempo de cultivo empleado en estos experimentos es mayor al utilizado en nuestra investigación (80 Días), las densidades son mucho menores y además los autores no reportan los pesos de siembra de los camarones cultivados.

Sadek y Moreau (1998) realizaron un policultivo camarón-tilapia obteniendo producciones de 254,0 kg ha<sup>-1</sup> para el camarón y 754,4 kg ha<sup>-1</sup> para la tilapia, a densidades de 10,000 camarones Ha<sup>-1</sup> y 5,000 alevines Ha<sup>-1</sup>, en 90 días de cultivo. Esta producción para el camarón es menor a la reportada en el presente estudio (690,1 kg Ha<sup>-1</sup> y 97,5% supervivencia para el tratamiento T3) con solo 80 días de cultivo utilizando sustratos artificiales.

Wang et al. (1998b) en un policultivo de langostinos con tilapia a diferentes densidades (4,5; 6,0 y 7,5 langostinos m<sup>-2</sup> y 0; 0,16; 0,24 y 0,32 tilapias m<sup>-2</sup>) encontró producciones para el langostino entre 334,8 y 575,7 kg ha<sup>-1</sup> con porcentajes de supervivencia de 75,68 y 88,50%. Valores similares de producción fueron obtenidos para el camarón gigante de malasia en el presente estudio, pero se debe indicar que los pesos de siembra, utilizados por este autor fueron mayores (0,552 ± 0,041 g).

Tidwell et al. (1999a) encontró producciones de 1 456,83; 1 655,18 y 1 813,19 kg ha<sup>-1</sup> en estanques con 0; 40 y 73 % de adición de sustrato respectivamente y con densidades de siembra entre 3,95 y 5,93 camarones m<sup>-2</sup> (16 000 y 24 000

camarones acre<sup>-1</sup>). Estos resultados son mayores a los encontrados en nuestra investigación donde la mayor producción fue obtenida por el tratamiento T3 (690,1 kg ha<sup>-1</sup> y 97,5 % supervivencia). Estos resultados resultan difíciles de comparar ya que los autores no reportan el peso de siembra ni el tiempo de cultivo; además, las densidades utilizadas en nuestra investigación son mayores a las utilizadas por estos autores, ya que al cultivar camarones con menor densidad los camarones disponen de una mayor disponibilidad de espacio y alimento permitiendo un mayor crecimiento e incrementando la biomasa.

Garcia-Perez y Alston (2000) cultivaron al camarón gigante de malasia en policultivo con tilapias a densidades de 7 camarones m<sup>-2</sup> (1.1 g ± 0.2) y 1 alevín m<sup>-2</sup> (7.4 g ± 0.1). Después de 145 días de cultivo las producciones fueron 931 kg ha<sup>-1</sup> para el camarón y 2 788 kg ha<sup>-1</sup> para la tilapia en el policultivo. Estas producciones son menores a las reportadas en esta investigación ello pudo deberse a que los pesos de siembra y el tiempo de cultivo, reportados por estos autores, son mucho mayores permitiendo de esta manera alcanzar mayores pesos finales incrementando la producción final.

Weimin y Xianping (2002), para cultivos realizados en China, reportan producciones del camarón gigante de malasia, a densidades de 60 000 – 75 000 ha<sup>-1</sup>, entre 300 y 450 kg adicional a la producción normal de arroz. Estas producciones son menores a los obtenidos en nuestra investigación (511,34 kg ha<sup>-1</sup>) pero con un mayor porcentaje de supervivencia promedio (90,32 %) y solo en 80 días de cultivo.

Ranjeet y Kurup (2002) trabajando con diferentes densidades para el camarón gigante de malasia (14 000, 25 000, 40 000 y 60 000 camarones ha<sup>-1</sup>) encontraron producciones de 320, 480, 630 y 510 kg ha<sup>-1</sup> con porcentajes de supervivencia entre 42 y 23 % en 8 meses de cultivo. Estas producciones concuerda con las obtenidas en nuestra investigación (387,1; 420,9; 547,3 y 690,1 kg ha<sup>-1</sup>) pero en un menor tiempo de cultivo y con un mayor porcentaje de supervivencia promedio (90,32 %).

Kurup and Ranjeet (2002) realizando trabajos en monocultivo y policultivo de camarones con peces integrados a pozas de cultivo de arroz encontraron, después de 6 a 8 meses de cultivo, producciones entre 95 a 1 300 kg ha<sup>-1</sup> en monocultivo y entre 70 a 500 kg ha<sup>-1</sup> (para el camarón) y entre 200 a 1 200 kg ha<sup>-1</sup> (para los peces) en policultivo,



en un periodo entre 6 a 8 meses de cultivo, con un porcentajes de supervivencia entre 25 y 38 % en monocultivo y entre 22 y 42 % en policultivo para el camarón gigante de malasia. Nuestros resultados se encuentran dentro de los rangos de producción reportados por estos autores pero con mayores porcentajes de supervivencia y en un menor tiempo de cultivo.

Coyle y Tidwell (2005) reportan que camarones cultivados a densidades entre 6 000 y 12 000  $\text{acre}^{-1}$  (1,48 y 2,97  $\text{m}^{-2}$ ) en 4 meses de cultivo alcanzan una producción de 500  $\text{Lbs acre}^{-1}$  (560,32  $\text{kg ha}^{-1}$ ), esta producción es menor comparada con la producción del tratamiento T3 (690,1  $\text{kg ha}^{-1}$  y 97,5% supervivencia) alcanzada en 80 días de cultivo a mayores densidades (7 y 10  $\text{m}^{-2}$ ).

#### **6.8. Biomasa tilapia**

La biomasa promedio fue de 549,56  $\text{kg ha}^{-1}$  para la tilapia, considerando una supervivencia promedio de 99,5 %. Este resultado es mayor a los rangos de producción propuestos por Green (2000), quien reporta producciones entre 250 a 500  $\text{kg ha}^{-1}$  en sistemas de policultivo donde el camarón es la especie principal y la tilapia la especie secundaria en 14 a 18 semanas de cultivo, tiempo mucho mayor al reportado en esta investigación (80 días).

El análisis de varianza mostró diferencia significativa ( $p < 0.05$ ) únicamente para el factor sustrato. La prueba de Duncan mostró que el nivel S2 obtuvo una media significativamente mayor respecto al nivel S1. Esta biomasa es sustentada por los resultados encontrados en el crecimiento en peso de la tilapia donde el sustrato S2 brindo mejores condiciones de cultivo, repercutiendo en una mayor producción.

El análisis de media por tratamiento mostró que el tratamiento T2 obtuvo una mayor producción comparada con los demás tratamientos, pero diferenciándose significativamente solo del tratamiento T1. Este resultado pudo deberse a que el tratamiento T2 contenía la mayor adición de sustrato (S2) lo que originó una mayor producción de alimento natural en el estanque y un mayor crecimiento del perifiton en el sustrato, además de condiciones abióticas favorables para el crecimiento de las tilapias. Este efecto también se puede apreciar entre los tratamientos T3 y T4, aunque sus producciones no fueron significativamente diferentes, la producción del tratamiento

T4 fue mayor que la producción de tratamiento T3 por la presencia de un mayor porcentaje de adición de sustrato en el tratamiento T4.

Ra'anan y Cohen (1983) en un policultivo de camarón con carpas la introducción de alevines de tilapia en 125 días de cultivo generó una producción de 400 kg ha<sup>-1</sup> este valor es menor al obtenido en nuestra investigación, estos autores no reportan el peso, supervivencia o datos adicionales para poder realizar mayores comparaciones.

De Tapia et al. (1990) trabajando en diferentes policultivos de langostino con tilapia roja encontró producciones de 269,91; 151,20 y 55,42 kg. ha<sup>-1</sup> para la tilapia roja con supervivencias de 54,3; 50,7 y 35 %; Estos valores son inferiores a los encontrados en el presente estudio donde las producciones para tilapia fluctuaron entre 453,4 y 629,7 kg. ha<sup>-1</sup> con una media de 549,56 kg. ha<sup>-1</sup> y una supervivencia de 99,5 %. Además, debemos de considerara que las densidades de cultivo de este autor son inferiores a las utilizadas en nuestra investigación.

De tapia et al (1991) en tres policultivos de langostino con tilapia reporta producciones de 187,4; 0,0 y 0,0 kg ha<sup>-1</sup> para la tilapia roja con porcentajes de supervivencia de 36,22; 0 y 0 % respectivamente; estas producciones son menores a los encontrados en nuestra investigación, las cuales fueron cultivadas a una densidad mayor que la reportada por este autor.

Sadek y Moreau (1998) realizaron un policultivo camarón-tilapia obteniendo producciones de 254,0 kg ha<sup>-1</sup> para el camarón y 754,4 kg ha<sup>-1</sup> para la tilapia, a densidades de 10 000 camarones ha<sup>-1</sup> y 5 000 alevines ha<sup>-1</sup>, en 90 días de cultivo. Esta producción para el camarón es mayor a la reportada en el presente estudio (549,56 kg ha<sup>-1</sup>) con 80 días de cultivo, esto pudo deberse a que las densidades utilizadas por este autor son mucho menores a las utilizadas en esta investigación, permitiendo de esta manera un mayor incremento en peso por la mayor disponibilidad de alimento y espacio en el estanque de cultivo.

Wang et al. (1998b) en un policultivo de langostinos con tilapia a diferentes densidades (4,5; 6,0 y 7,5 langostinos m<sup>-2</sup> y 0; 0,16; 0,24 y 0,32 tilapias m<sup>-2</sup>) encontró producciones para la tilapia entre 132 y 420 kg ha<sup>-1</sup> con pesos de siembra de 79,0 a 193,8 g) estas

producciones son menores a las encontradas en esta investigación (549,56 kg ha<sup>-1</sup>) con un peso de siembra menor a las reportadas por este autor.

Quispe (2002) reporta producciones para la tilapia, en monocultivo con un peso de siembra de 0,3 g a una densidad de 5 tilapia m<sup>-2</sup>, de 500 kg ha<sup>-1</sup>, producción similar a la obtenida en el presente estudio sin el uso de alimento balanceado.

#### **6.9. Costos de producción y proyección**

Según los costos de producción del policultivo camarón-tilapia se obtuvo una ganancia de 1959.01 soles en 80 días de cultivo; Es decir, una ganancia promedio de 700 soles mensuales. En el análisis por tratamiento los tratamientos T2 y T3 obtuvieron mejores ganancias, este efecto pudo deberse a que por ejemplo el tratamiento T2 en el análisis de media en peso para los tratamiento de la tilapia fue el que obtuvo mejores pesos medios y mayores biomasa, a igual que el tratamiento T3 donde el camarón obtuvo una mayor media en peso y una mayor biomasa.

La diferencia en ganancia respecto a estos tratamientos es debido a la cantidad de alimento, es decir, el tratamiento T2 al tener una menor densidad de siembra para el camarón requirió una menor cantidad de alimento comparada con el tratamiento T3, el cual requirió una mayor cantidad de alimento por presentar una mayor densidad de siembra para el camarón.

## 7. CONCLUSIONES

- a. La adición de sustrato afectó positivamente el crecimiento en peso de los camarones en cultivo.
- b. Al incrementar la densidad de cultivo los pesos de los camarones no disminuyeron gracias a la adición de sustrato en los estanques de cultivo.
- c. No se encontró diferencia en el crecimiento en peso de los camarones al incrementar los porcentajes de adición de sustrato.
- d. La supervivencia de los camarones disminuye, de 95.6% a 85.1%, al incrementar los porcentajes de adición de sustratos.
- e. Mayor cantidad de camarones pudieron ser cultivados por efecto de la adición de sustrato, incrementándose de esta manera la biomasa final (690,1 kg ha<sup>-1</sup>).
- f. Tanto la talla y el peso de las tilapias, en los diferentes tratamientos, fueron similares a bajas y a altas densidades gracias al sustratos adicionado.
- g. Se encontró una relación directa entre el incremento en peso y biomasa de la tilapia y el incremento en el porcentaje de adición del sustrato.
- h. Las variaciones de densidad y adición de sustrato no afectaron el porcentaje de supervivencia de las tilapias.
- i. El tratamiento que presentó las mejores condiciones para el policultivo camarón - tilapia fue a mayor densidad y menor porcentaje de adición de sustrato (tratamiento T3).
- j. La interacción de los factores densidad y sustrato afectaron el crecimiento del camarón y la tilapia en el policultivo. Por el contrario la supervivencia de estas especies no se vio afectada.
- k. El análisis de costos de producción indican que el policultivo camarón-tilapia es un alternativa económicamente factible que puede ser desarrollada a gran escala, siendo el tratamiento con mayor densidad de siembra y menor porcentaje de adición de sustrato el que presenta las mejores condiciones para alcanzar estos resultados.

## **8. RECOMENDACIONES**

- a. Considerando el esquema presentado en el presente estudio, realizar investigaciones en estanque a escala comercial.
- b. La siembra de las postlarvas de camarón debe realizarse por lo menos una semana antes de sembrar los juveniles de tilapia.
- c. Deberá considerar el tamaño de los alevines de tilapia a sembrar, ya que estos deberán ser de menor tamaño que las postlarvas de camarón para evitar depredación por parte de la tilapia.
- d. Realizar investigaciones considerando substratos de diferentes material, forma, color, textura y costo.
- e. Realizar investigaciones usando los substratos como fuente generadora de alimento natural en estanques de producción de tilapia.

## 9. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

ALCESTE, C. 2002. Aquaculture in the Third Millennium. Aquaculture Magazine. Vol:28, N° 4, Pág. 53-58.

ALSTON, D. 1991. Culture of Crustaceans in the Caribbean. World Aquaculture 22 (1) Pag: 64-68.

ARANGO, A. Y PRAHL, H. 1988.Crecimiento de *Penaeus vannamei*, *P. Stylirostris* y *P. Occidentalis* Cultivadas en Salinidades Bajas (de 0 a 6 mg l<sup>-1</sup>) en el Pacífico Colombiano. Red Regional de Acuicultura. Boletín Vol: 1, N° 2. Pág.3 -4.

BURMESTER, G. 2001a. Saltwater Polyculture: Gaining by Experience in Peru. Advocate October. Pág.61-62.

BURMESTER, G. 2001b. Policultivo de Tilapia Roja y Langostino en una Langostinera en Tumbes. Revista Peruana de Acuicultura. Pág.13-20.

COHEN, D., RA'ANAN, Z., Y BRODY, T., 1981. Population Profile development and Morphotypic differentiation in the giant freshwater prawn *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). Journal of the World Mariculture Society. 12(2), Pág.231-243.

COYLE, S., SUAW, M., ORR, C., VAN-ARNUM, A., WEIBEL, CH. AND TIDWELL, J. 1999. The Effect of Stocking Density on Growth and Feed Conversion of Yellow Perch Reared in Cages in Polyculture with Freshwater Prawns. Kentucky Fish Farming. Aquaculture Program. Vol 12, N° 1. Pág.3 - 4.

COYLE, S. AND TIDWELL, J. 2005. Feed Types, Rates, and Methods for Freshwater Prawn. Kentucky Fish Farming. Aquaculture Program. Vol 18, N° 4. Pág.3 - 4.

COYLE, S., TIDWELL, J. AND BRIHGT, L. 2005. Evaluation of an Organic Diet Freshwater Prawn Production. Kentucky Fish Farming. Aquaculture Program. Vol 18, N° 4. Pág.4-6.

CLARKE, G. 1963. Elementos de Ecología. 2ªed. Ed. Omega. Barcelona. España. Pág.1-600.

D'ABRAMO, L., HEINEN, J., ROBINETTE, H., AND COLLINS, J. 1989. Production of the Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* Stocked as Juveniles at Different densities in Temperature zone ponds. Journal of the World Aquaculture Society. Vol: 20, Pág.81-89.

D'ABRAMO, L., DANIELS, W., GERARD, P., JUN, W. AND SUMMERLIN, C., 2000. Influence of water volume, surface area, and water replacement rate on weight gain of juvenile freshwater prawns, *Macrobrachium rosenbergii*. Aquaculture 182, 161-171.

D'ABRAMO, L., OHS, C., FONDREN, M., STEEBY, J. AND POSADAS, B. 2003. Culture of Freshwater Prawns in Temperate Climates: Management and Economics. Mississippi Agricultural y Forestry Experiment Station. Bulletin 1138. Pág.1-23.

DANIELS, W. AND D'ABRAMO, L. 1994. Pond Production Characteristics of Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* as Influenced by the Stocking of Size-Graded Populations of Juveniles. Aquaculture 122, Pág.33-45.

DANIELS, W., D'ABRAMO, L., FONDREN, M., AND DURANT, M. 1995. Effects of Stocking density and Feed on Production Characteristics and Revenue of Harvested Freshwater prawns *Macrobrachium rosenbergii* Stocked as Size-Graded Juveniles. Journal of the World Aquaculture Society. Vol: 26, N° 1, Pág. 38-47.

DE TAPIA, I. AND YANNISELI, E. 1990. Policultivo de tilapia roja con *Penaeus stylirostris*. Red Regional de Acuicultura. Boletín Vol: 4, N° 3. Pág.

DE TAPIA, I., GUARDIA, F. Y ARRUE, M. 1991. Policultivo de Tilapia roja, oscura y *Penaeus stylirostris*, en Estanques de cría de Camarones Peneidos. Red Regional de Acuicultura. Boletín Vol: 5, N° 1. Pág. 5 -9.

FITZSIMMONS, K. 2001. Polyculture of Tilapia and Peneido Shrimp. The Advocate June. Pág. 43-44.

GARCIA-PEREZ, A. AND ALSTON, D. 2000. Comparisons of Male and Female Morphotypes Distribution of Freshwater Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, in Monoculture versus Polyculture with Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. Caribbean Journal of Science, Vol. 36, N°3-4, Pág. 340-342.

GREEN, B. 2000. Seminario: Cultivo de Tilapia. Guayaquil Ecuador.

GUERRA, A. 1988. El Aprovechamiento del Camarón de Río en el Futuro. Encuentro Internacional: Ciencia, Tecnología y Desarrollo con Proyección al Siglo XXI. Pág. 1-11

GUO-CHANG, G. 1989 Polyculture of tilapia with shrimp in China. Naga. The Iclarm Quarterly. Vol.12, N° 3:17.

HANLEY, F. 1991. Freshwater Tilapia Culture in Jamaica. World Aquaculture Vol: 22 (1) Pág. 42-48.

HARPAZ, S., AND SCHMALBACH, E. 1986. Improved Growth and Health of the Malaysian Prawn, *Macrobrachium rosenbergii*, by Addition of Fresh Leaves to the Artificial Diet. Aquaculture, 55 Pág. 81-85.

HARGREAVES, J., RAKOCY, J. AND BAILEY, D. 1991. Effects of Diffused Aeration and Stocking Density on Growth, Feed conversion, and Production of Florida Red Tilapia in Cages. Journal of the World Aquaculture Society. Vol: 22, N° 1, Pág. 24-29.

HEINEN, J. AND MENSI, M. 1991. Feeds and Feeding Schedules for indoor Nursery Culture of Postlarval Freshwater Prawns *Macrobrachium rosenbergii*. Journal of the World Aquaculture Society. Vol: 22, N° 2, Pág. 118-127.

HERNÁNDEZ, P., MEZA, E. Y MERINO, R. 1988. La Carpa y su Cultivo. Secretaria de Pesca. FONDEPESCA: Fideicomiso Fondo Nacional para el Desarrollo Pesquero. Pág. 1-47.

HINES, G. AND STEPHEN, W. 1995. Non Steroidal Chemical Sex Manipulation of Tilapia. Journal of the World Aquaculture Society. Vol: 26, N° 1, Pág. 98-102.



HULATA, G., KARPLUS, I., WOHLFARTH, W. AND HALEVY, A. 1990. Effects of Size and Age of juvenile Freshwater Prawns *Macrobrachium rosenbergii* at Stocking on Population Structure and Production in Polyculture Ponds. Journal of the World Aquaculture Society Vol. 21, No. 4. Pág. 295 -299.

JIA MO, P., ZHI GUO, L., ZI HAO, Y. AND MARTINES, L.1988. Técnicas de reproducción artificial y cultivo intensivo del camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* (De Man). Red Regional de Acuicultura. Boletín Vol: 1, N° 2. Pág. 5-6.

JIMÉNES , M Y BALCÁZAR, J. 2003. Uso de Filtros Biológicos en Larvicultura de *Litopenaeus vannamei*: Principios Generales. AquaTI N° 18, Pág. 11-14.

JONSON, W. AND SMITH, K. 1981. Use of Geothermal Energy for Aquaculture Purposes. Geo- Heat Center. Phase III. Final report.

JORY, D. 2002. Population Assessments in Shrimp Ponds. Aquaculture Magazine. Vol:28, N° 4, Pág. 67-71.

KARPLUS, i., HULATA, G., WOHLFARTH, G., AND HALEVY, A., 1986. The Effect of *Macrobrachium rosenbergii* raised in earthen ponds on their Population Structure and weight distribution. Aquaculture, 52, Pág. 307-320.

KURUP, M. AND RANJEET, K. 2002. Integration of Freshwater Prawn Culture With Rice Farming in Kuttanad India. Naga, The world Fish Center Quarterly. Vol 25, N° 3 y 4, Pág. 16-18.

LANDKAMER, D. 1994. Aquaculture on Guam: The Potential for Freshwater Prawn Production. Aquaculture Magazine Vol: 20, N° 1, Pág. 60-63.

LING, S., 1969. The general biology and development of *Macrobrachium rosenbergii* (de Man). FAO Fish. Rep. 57 (3) 589-606.

MILSTEIN, A. 1997. Do management procedure affects the ecology of warm water polyculture ponds? World Aquaculture. Vol: 28 (3) Pág. 12-19.

MOLINA, R., HEINEN, J. AND D'ABRAMO, L. 1995. Supplementation of Comercial Feeds with Beef Liver for indoor Nursery Culture of Freshwater Prawns *Macrobrachium rosenbergii*. Journal of the world aquaculture society. Vol: 26, N° 1. Pág. 103-106.

MOSS, K. AND MOSS, S. 2004. Effects of Artificial Substrate and Stocking Density on the Nursery Production of Pacific White Shrimp *Litopenaeus vannamei*. Journal of the world aquaculture society. Vol: 35, N° 4. Pág. 536-542.

NAYLOR, R., GOLDBURG, R., PRIMAVERA, J., KAUTSKY, N., BEVERIDGE, M., CLAY, J., FOLKE, CARL., LUDCHENCO, J., MOONEY, H. AND TROELL, M. 2000. Effect of Aquaculture on World Fish Supplies. Review article. Macmillan Magazines Ltd. Nature Vol: 405, Pág. 1077 -1024.

NEW, M. 1980.El Potencial del Cultivo de *Macrobrachium* en Latinoamérica. Revista latinoamericana de Acuicultura, México, D.F. N° 6: 1- 40 Pág. 49-61.

NEW, M. Y SINGHOLKA, S. 1984. Cultivo del camarón de agua dulce. Manual para el cultivo de *Macrobrachium rosenbergii*. FAO, Documento Técnico de Pesca (225): Pág. 1-118.

NEW, M. 1990. Freshwater Prawn Culture: A Review. Aquaculture 88, Pág. 99-143.

NEW, M. 2002. Farming Freshwater Prawns. A Manual for The Culture of The Giant River Prawn (*Macrobrachium rosenbergii*). FAO Fisheries Technical Paper (428). Pág. 1-211.

ORBEGOSO, O. 2000. Análisis Competitivo de la Experiencia de Desarrollo del Cultivo del camarón de agua dulce *Macrobrachium rosenbergii* de Man en San Martín. Tarapoto Marzo. Pág. 1-65.

PETERSON, J. AND GRIFFITH. D. 1999. Intensive nursery systems. Global Aquaculture Advocate 2(6): 60-61.

QUISPE, 2002. Algunos Avances en el Policultivo de Langostinos y Tilapia Roja como Estrategia de Convivencia con el Virus de la Mancha Blanca. Acuacultura del Ecuador. Pág. 28-32.

RA'ANAN, Z., Y COHEN, D. 1983. The Production of the Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* in Israel. Selective Stocking of Size Subpopulations. Aquaculture 31, Pág. 369-379.

RA'ANAN, Z., Y COHEN, D. 1983. The Production of the Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* in Israel. Density Effect of all-male Tilapia Hybrids on Prawn Yield Characters in Polyculture. Aquaculture 35, Pág. 57-71.

RAKOCY, J. Y MC GINTY, A. (1989). Pond Culture of Tilapia. Southern Regional Aquaculture Center. L-2408. SRAC Publication N° 280.

RANJEET, K. AND KURUP, M. 2002. Heterogeneous Individual Growth of *Macrobrachium rosenbergii* Male Morphotypes. Naga, The ICLARM Quarterly. Vol 25, N° 2, Pág. 13-18.

SADEK, S. AND MOREAU, J. 1998. Culture of *Macrobrachium rosenbergii* in Monoculture and Polyculture with *Oreochromis niloticus* in Paddies in Egypt. The Israeli Journal of Aquaculture - Bamidgeh. Vol. 50(1), Pág. 33-42.

SANDIFER, P. AND SMITH, T. 1997. Intensive Rearing of Postlarval Malaysian Prawns (*Macrobrachium rosenbergii*) en Closed Cycle Nursery System. World Mariculture Society. Vol 8. Pág. 225-235.

SEGAL, E. AND ROE, A., 1975 Grow and Behavior of post juvenile *Macrobrachium rosenbergii* (de Man) in Close Confinement. World Mariculture Society . Vol 6: Pág. 67-88.

STICKNEY, R. 1998. Tilapia Update 1997. World Aquaculture. Vol: 29, N° 2, Pág. 38-45 y 71-72.

TIDWELL, J., WEBSTER, C., GOODGAME-TIU, L., AND D'ABRAMO, L. 1994. Population Characteristics of *Macrobrachium rosenbergii* Fed Diets Containing Different Protein Sources under Cool water Conditions in Earthen Ponds. *Aquaculture* 126. Pág. 271-281.

TIDWELL, J., D'ABRAMO, L., WEBSTER, C., COYLE, S. AND DANIELS; W. 1996. A Standardized Comparison of Semi-Intensive Pond Culture of Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* at Different Latitudes: Production Increases Associated with Lower Water Temperatures. *Aquaculture* 141. Pág. 145-158.

TIDWELL, J., COYLE, S. AND SCHULMEISTER, G. 1998. Effects of Added Substrate on the Production and Population Characteristic of Freshwater Prawns *Macrobrachium rosenbergii* in Ponds. *Journal of the world aquaculture society*. Vol: 29, N° 1. Pág. 17-22.

TIDWELL, J., COYLE, S., WEIBEL, CH., AND EVANS, J. 1999. Effects and Interaction of Stocking Density and Added Substrate on Production and Population Structure of Freshwater Prawns *Macrobrachium rosenbergii* in Ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol: 31, N° 2. Pág. 174-179.

TIDWELL, J., COYLE, S., VAN-ARNUM, A., AND WEIBEL, CH. 1999a. Addition of Artificial Substrate to Prawn Production Ponds. *Kentucky Fish Farming. Aquaculture Program*. Vol 12, N° 1. Pág. 2.

TIDWELL, J. 1999a. Freshwater Prawns. *Kentucky Fish Farming. Aquaculture Program*. Vol 12, N° 3. Pág. 5-8.

TIDWELL, J., COYLE, S., VAN-ARNUM, A., AND WEIBEL, CH. 2000. Production Response of Freshwater Prawns *Macrobrachium rosenbergii* to Increasing Amounts of Artificial Substrate in Ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol: 31, N° 3. Pág. 452-457.

TIDWELL, J., COYLE, S., BRIGHT, L., VANARNUM, L., WEIBEL, CH. AND D'ABRAMO, L. 2001. Use of Artificial Substrate to Maximize Production of Freshwater Prawns in Temperature Climates. *World Aquaculture*. Vol: 32, N° 3, Pág. 40-42 y 60.

TIDWELL, J., COYLE, S., DURHOROW, R., DASGUPTA, S., WURTS, W., WYNNE, F., BRIGHT, L. AND VANARNUM, L. 2002. KSU Prawn Production Manual. Kentucky State University Aquaculture Program. Pág. 1-45.

TIDWELL, J., COYLE, S., BRIGHT, L., VANARNUM, L. AND WEIBEL, CH. 2003. The effects of size grading and length of nursery period on growth and population structure of freshwater prawns stocked in temperate zone ponds with added substrates. *Aquaculture* 218, 209 -218.

TIDWELL, J., COYLE, S., DASGUPTA, S., BRIGHT, L. AND YASHARIAN, D. 2004. Impact of Different Management Technologies on the Production, Population Structure, and Economics of Freshwater Prawn *Macrobrachium rosenbergii* Culture in Temperate Climates. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol: 35, N° 4. Pág. 498- 505.

TIDWELL, J., D'ABRAMO, L., COYLE, S. AND YASHARIAN, D. 2005. Overview of Recent Research and Development in Temperate Culture of The Freshwater Prawn (*Macrobrachium rosenbergii* de Man) in the South Central United States. *Aquaculture Research*. Vol:36, Pág. 264-277.

STICKNEY, R. 1997. Tilapia Update. *World Aquaculture* Vol: 29, N° 2. Pág. 38-45 y 71-72

TOLEDO, S. Y GARCÍA, M. 1998. Nutrición y Alimentación de tilapia Cultivadas en América Latina y el Caribe. Centro de Preparación Acuícola Mamposton. Ministerio de la Industria Pesquera. San José de las Lajas, Cuba. Pág. 1-76.

WANG, Y., LO, C., CHANG, P., KOU, G., 1998a. Experimental infection of white spot baculovirus in some cultured and wild decapods in Taiwan. *Aquaculture* 164, 221-231.

WANG, J., LI, D., DONG, S., WANG, K. AND TIAN, X. 1998b. Experimental Studies on Polyculture in Closed Shrimp Ponds. Intensive Polyculture of Chinese Shrimp (*Penaeus chinensis*) with Tilapia Hybrids. *Aquaculture* 163, 11-27.

WATANABE, W. 1991. Saltwater Culture of Tilapia in the Caribbean. *World Aquaculture*. Vol: 22 (1), Pág. 49-54.

WEBSTER, C. AND TIDWELL, J. 1995. Diets, Feeding, and Production of Freshwater Prawn in Kentucky. *Aquaculture Magazine* Vol: 21, N° 6, Pág. 47-60.

WEIMIN, M. AND XIANPING, G. 2002. Freshwater Prawn Culture in China: An Overview. *Aquaculture Asia*. Vol: VII, N°: 1, Pág. 9-12.

WILLIAMS, A., DAVIS, D. AND ARNOLD, C. 1996. Density Dependent Growth and Survival of *Penaeus setiferus* and *Penaeus vannamei* in a Semi-Closed Recirculating System. *Journal of the World Aquaculture Society*. Vol: 27, N° 3. Pág. 107-112.

# **ANEXOS**

Cuadro 22. Análisis de varianza para el Peso de camarón - Biometría 9.

Suma de Cuadrados Tipo III.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>d.f.</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>Rango F</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Efectos principales</b>					
A:Densidad	17.168150	1	17.168150	5.693	.0178
B:Substrato	2.758470	1	2.758470	.915	.3501
<b>Interacción</b>					
AB	21.570010	1	21.570010	7.152	.0080
<b>Residuo</b>	711.75704	236	3.0159196		
<b>Total</b>	753.25367	239			

\* 0 valore han sido excluidos.

Cuadro 23. Análisis de Rango Múltiple para el Peso de camarón – Biometría 9, Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>D1</b>	120	6.3241667	X
<b>D2</b>	120	6.8590833	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>D1-D2</b>		-0.53492 *	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 24. Análisis de Rango Múltiple para el Peso de camarón – Biometría 9, Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>S1</b>	120	6.4844167	X
<b>S2</b>	120	6.6988333	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>S1-S2</b>		-0.21442	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.



Cuadro 25. Análisis de varianza para la Talla de la Tilapia - Biometría 9.

Suma de Cuadrados Tipo III.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>d.f.</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>Rango F</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Efectos principales</b>					
A:Densidad	.3967500	1	.3967500	.242	.6289
B:Substrato	5.5900833	1	5.5900833	3.410	.0673
<b>Interacción</b>					
AB	16.060083	1	16.060083	9.798	.0022
<b>Residuo</b>	190.14100	116	1.6391466		
<b>Total</b>	212.18792	119			

\* 0 valore han sido excluidos.

Cuadro 26. Análisis de Rango Múltiple para la Talla de la Tilapia – Biometría 9, Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>D2</b>	60	11.646667	X
<b>D1</b>	60	11.761667	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>D1-D2</b>		0.11500	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 27. Análisis de Rango Múltiple para la Talla de la Tilapia – Biometría 9, Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>S1</b>	60	11.488333	X
<b>S2</b>	60	11.920000	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>S1-S2</b>		-0.43167	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 28. Análisis de varianza para la Peso de la Tilapia - Biometría 9.

Suma de Cuadrados Tipo III.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>d.f.</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>Rango F</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Efectos principales</b>					
A:Densidad	8.91620	1	8.91620	.104	.7515
B:Substrato	723.48852	1	723.48852	8.410	.0045
<b>Interacción</b>					
AB	345.61102	1	345.61102	4.018	.0474
<b>Residuo</b>	9978.6796	116	86.023100		
<b>Total</b>	11056.695	119			

\* 0 valore han sido excluidos.

Cuadro 29. Análisis de Rango Múltiple para la Peso de la Tilapia – Biometría 9, Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>D1</b>	60	27.333167	X
<b>D2</b>	60	27.878333	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>D1-D2</b>		-0.54517	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 30. Análisis de Rango Múltiple para la Peso de la Tilapia – Biometría 9, Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>S1</b>	60	25.150333	X
<b>S2</b>	60	30.061167	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>S1-S2</b>		-4.91083 *	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 31. Análisis de varianza para la Supervivencia del camarón.

Suma de Cuadrados Tipo III.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>d.f.</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>Rango F</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Efectos principales</b>					
A:Densidad	.0001205	1	.0001205	.009	.9283
B:Substrato	.1335655	1	.1335655	9.822	.0139
<b>Interacción</b>					
AB	.0285909	1	.0285909	2.103	.1851
<b>Residuo</b>	.1087881	8	.135985		
<b>Total</b>	.2710651	11			

\* 0 valore han sido excluidos.

Cuadro 32. Análisis de Rango Múltiple para la Supervivencia del camarón.

Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>D2</b>	6	1.2883858	X
<b>D1</b>	6	1.2947248	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>D1-D2</b>		0.00634	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 33. Análisis de Rango Múltiple para la Supervivencia del camarón.

Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>S2</b>	6	1.1860543	X
<b>S1</b>	6	1.3970563	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>S1-S2</b>		0.21100*	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 34. Análisis de varianza para la Supervivencia de la Tilapia.

Suma de Cuadrados Tipo III.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>d.f.</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>Rango F</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Efectos principales</b>					
A:Densidad	.0053206	1	.0053206	1.000	.3466
B:Substrato	.0053206	1	.0053206	1.000	.3466
<b>Interacción</b>					
AB	.0053206	1	.0053206	1.000	.3466
<b>Residuo</b>	.0425649	8	.0053206		
<b>Total</b>	.0585267	11			

\* 0 valore han sido excluidos.

Cuadro 35. Análisis de Rango Múltiple para la Supervivencia de la Tilapia .

Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>D1</b>	6	1.5286830	X
<b>D2</b>	6	1.5707963	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>D1-D2</b>		-0.04211	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 36. Análisis de Rango Múltiple para la Supervivencia de la Tilapia.

Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>S1</b>	6	1.5286830	X
<b>S2</b>	6	1.5707963	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>S1-S2</b>		-0.04211	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 37. Análisis de varianza para la Biomasa del Camarón.

Suma de Cuadrados Tipo III.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>d.f.</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>Rango F</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Efectos principales</b>					
A:Densidad	138277.54	1	. 138277.54	12.601	.0075
B:Substrato	8902.58	1	8902.58	.811	.4034
<b>Interacción</b>					
AB	23396.851	1	23396.851	2.132	.1824
<b>Residuo</b>	87786.690	8	10973.336		
<b>Total</b>	258363.65	11			

\* 0 valore han sido excluidos.

Cuadro 38. Análisis de Rango Múltiple para la Biomasa del Camarón.

Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>D1</b>	6	403.99833	X
<b>D2</b>	6	618.69000	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>D1-D2</b>		-214.692 *	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 39. Análisis de Rango Múltiple para la Biomasa del Camarón.

Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>S2</b>	6	484.10667	X
<b>S1</b>	6	538.58167	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>S1-S2</b>		54.4750	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 40. Análisis de varianza para la Biomasa de la Tilapia.

Suma de Cuadrados Tipo III.

<b>Fuente de variación</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>d.f.</b>	<b>Promedio de los cuadrados</b>	<b>Rango F</b>	<b>Nivel de significancia</b>
<b>Efectos principales</b>					
A:Densidad	768.200	1	768.200	.190	.6789
B:Substrato	32022.226	1	32022.226	7.925	.0227
<b>Interacción</b>					
AB	15979.153	1	15979.153	3.955	.0819
<b>Residuo</b>	32323.268	8	4040.4086		
<b>Total</b>	81092.848	11			

\* 0 valore han sido excluidos.

Cuadro 41. Análisis de Rango Múltiple para la Biomasa de la Tilapia.

Factor Densidad. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>D1</b>	6	541.56458	X
<b>D2</b>	6	557.56667	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>D1-D2</b>		-16.0021	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.

Cuadro 42. Análisis de Rango Múltiple para la Biomasa de la Tilapia.

Factor Substrato. Método: Prueba de Duncan 95%.

<b>Nivel</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Peso Medio</b>	<b>Grupos homogéneos</b>
<b>S2</b>	6	497.90792	X
<b>S1</b>	6	601.22333	X
<b>Contraste</b>		<b>Diferencia</b>	
<b>S1-S2</b>		-103.315 *	

\* denota diferencia estadísticamente significativa.